การเจริญเติบโตของต้นกัญชาสายพันธุ์หางกระรอก ในระบบไฮโดรโปนิกส์

The growth of *Cannabis sativa* L. (Hangkrarog) in hydroponic system

ดุสิตา แก้วแสน
ยศธร ฉายแก้ว

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ)
ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2565

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The growth of *Cannabis sativa* L. (Hangkrarog) in hydroponic system

DUSITA KHAEWWSAN

YOTSATHON CHAIKAEO

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR

THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (BIOTECHNOLOGY)

DEPARTMENT OF BIOLOGY, SCHOOL OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	การเจริญเติบโตของต้นกัญชาสายพันธุ์หางกระรอก ในระบบไฮโดรโปนิกส์ The growth of *Cannabis sativa* L. (Hangkrarog) in hydroponic system
ชื่อนักศึกษา	นางสาวดุสิตา แก้วแสน รหัสนักศึกษา 62050489 นายยศธร ฉายแก้ว รหัสนักศึกษา 62050529
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)
ภาควิชา	ชีววิทยา
ปีการศึกษา	2565
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.พนา โลหะทรัพย์ทวี

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ) ประจำปีการศึกษา 2565

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร. สมชาย ไกรรักษ์ ประธานกรรมการ	
รศ.ดร. สรัญญา พันธุ์พฤกษ์ กรรมการ	
ผศ.ดร. พนา โลหะทรัพย์ทวี กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การเจริญเติบโตของต้นกัญชาสายพันธุ์หางกระรอก ในระบบไฮโดรโปนิกส์

ชื่อนักศึกษา นางสาวดุสิตา แก้วแสน รหัสนักศึกษา 62050489

นายยศธร ฉายแก้ว รหัสนักศึกษา 62050529

ปริญญา วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีชีวภาพ)

ภาควิชา ชีววิทยา

ปีการศึกษา 2565

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.พนา โลหะทรัพย์ทวี

บทคัดย่อ

การเจริญเติบโตของต้นกัญชาสายพันธุ์หางกระรอกในระบบไฮโดรโปนิกส์ พบว่าหลังจากที่เมล็ดงอกออกมาแล้ว 4 วัน นำมาลงในระบบไฮโดรโปนิกส์ ต้นกัญชามีการเจริญเติบโตเข้าสู่ช่วงระยะ Exponential phase ในวันที่ 15 และเข้าสู่ระยะการเจริญเติบโต Stationary phase ในวันที่ 49 ของการเพาะเลี้ยงในระบบไฮโดรโปนิกส์ และพบพื้นที่ใบสูงสุด 242.66 ตารางเซนติเมตรในวันที่ 43 และพบจำนวนแฉกมากที่สุด 13 แฉกในวันที่ 67 และพบความสูงของต้นกัญชาสูงสุดในวันที่ 63 และเริ่มเห็นดอกในวันที่ 120 ของการเพาะเลี้ยงในระบบไฮโดรโปนิกส์

ปัจจัยที่มีผลต่อการเพาะเลี้ยงต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์ มีดังนี้ สีของแสง ขนาดภาชนะระบบไฮโดรโปนิกส์ จากการทดลองเรื่องสีของแสงต่อการเจริญเติบของต้นกัญชา พบว่าต้นกัญชาภายใต้แสงสีขาวเจริญเติบโตดีกว่าภายใต้แสงสีน้ำเงิน และจากการทดลองเรื่องขนาดภาชนะ พบว่าขนาดภาชนะ 8000 มิลลิลิตร ต้นกัญชาเจริญเติบโตได้ดีกว่าขนาดภาชนะ 4000 มิลลิลิตร และพบว่าระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The kratky method) มีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT (Nutrient film technique)

การขยายพันธุ์โดยวิธีการปักชำ พบว่าการชักนำให้เกิดรากด้วยฮอร์โมน NAA แช่กิ่งปักชำเป็นเวลา 72 ชั่วโมงที่ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม/ลิตร มีความเหมาะในการชักนำให้เกิดราก โดยภายใน 14 วันเกิดรากจำนวน 20 ราก และมี % การเกิดราก 100%

การศึกษาสาร CBD และ THC ด้วยวิธี GC-MS สารสกัดจากใบพบสาร CBD และ THC โดยพบในช่วง Retention time 29.96 และ31.03 นาที ตามลำดับ และสารสกัดจากก้าน พบสาร THC โดยพบในช่วง Retention time 31.03 นาที ส่วนในสารสกัดจากรากไม่พบสาร CBD และ THC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาสารให้กลิ่นกลุ่มเทอร์ปีน (Terpene) ด้วย GC-MS จากสารสกัดเปลือกลำต้นของกัญชาพบว่ามีสารกลุ่มเทอร์ปีน (Terpene) ทั้งหมด 13 ชนิด ได้แก่ α-Pinene, β-Pinene, β-Myrcene, DL-Limonene, 1,8-Cineole (Eucalyptol), γ-Terpinene, trans-Caryophyllene, trans-α-Bergamotene, α-Humulene, cis-α-Bisabolene, Hexadecanamide, 9-Octadecenamide และ Dronabinol โดยพบสาร 9-Octadecenamide มากที่สุด

คำสำคัญ : **กัญชา, Kratky method, Nutrient film technique, GC-MS**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	The growth of *Cannabis sativa* L. (Hangkrarog) in hydroponic system
Students	Miss Dusita Khaewsan Student ID 62050489 Mr. Yotsathon Chaikaeo Student ID 62050529
Degree	Bachelor of Science (Biotechnology)
Department	Biology
School	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2022
Advisor	Asst Prof. Dr. Pana Lohasupthawee

Abstract

The growth of *Cannabis sativa* in a hydroponic system showed interesting characteristics. After germinating the seeds for 4 days, they were placed in the hydroponic system. The cannabis plants entered the exponential phase on day 15 and reached the stationary phase on day 49 of hydroponic cultivation. The maximum leaf area (242.66 square centimeters) was observed on day 43, while the highest number of leaflets (13 leaflet) was observed on day 67. The maximum plant height was recorded on day 63, and flowering began on day 120 of hydroponic cultivation.

Factors affecting the cultivation of cannabis in a hydroponic system include light color, container size, and the hydroponic system used. In experiments regarding light color, it was found that cannabis plants grown under white light exhibited better growth compared to those grown under blue light. Regarding container size, it was observed that plants grown in an 8000-milliliter container performed better than those grown in a 4000-milliliter container. Additionally, the KM hydroponic system (Kratky method) was found to promote better growth compared to the NFT system (Nutrient Film Technique).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Regarding propagation through cuttings, it was found that using the hormone NAA (Naphthaleneacetic acid) at a concentration of 1 milligram per liter for 72 hours resulted in successful root formation. Within 14 days, an average of 20 roots were formed, with a 100% rooting success rate.

CBD and THC analysis using GC-MS (Gas Chromatography-Mass Spectrometry) revealed the presence of CBD and THC compounds. Extracts from leaf contained CBD which was detected at a retention time of 29.96 minutes, while THC was detected at a retention time of 31.03 minutes. Extracts from the stems contained THC at a retention time of 31.03 minutes, while CBD and THC were not detected in the root extracts.

Terpene analysis using GC-MS on the bark extracts of the cannabis plant identified a total of 13 terpene compounds, including α-Pinene, β-Pinene, β-Myrcene, DL-Limonene, 1,8-Cineole (Eucalyptol), γ-Terpinene, trans-Caryophyllene, trans-α-Bergamotene, α-Humulene, cis-α-Bisabolene, Hexadecanamide, 9-Octadecenamide, and Dronabinol. The compound 9-Octadecenamide was found to be the most abundant.

Keywords : *Cannabis sativa*, **Kratky method, Nutrient film technique, GC-MS**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษเรื่อง “การเจริญเติบโตของต้นกัญชาสายพันธุ์หางกระรอกในระบบไฮโดรโปนิกส์” ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับการอนุเคราะห์จากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. พนา โลหะทรัพย์ทวี ที่ช่วยให้คำแนะนำ ความรู้ ถ่ายทอดประสบการณ์ ตลอดไปจนให้คำแนะนำในเรื่องต่างๆ อีกทั้งยังทำการช่วยเหลือและสนับสนุนในทุกด้านให้คณะผู้จัดทำ จนโครงงานพิเศษเล่มนี้สำเร็จลุล่วงมาได้ด้วยดีจึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบคุณ รศ.ดร. สรัญญา พันธุ์พฤกษ์ และผศ.ดร. สมชาย ไกรรักษ์ ที่สละเวลามาเป็นประธานกรรมการ และกรรมการสำหรับสอบโครงงานพิเศษนี้ และคอยให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางในการแก้ไขปัญหา จุดบกพร่องต่างๆ ทำให้โครงงานพิเศษเล่มนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชชีวชิทยา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ช่วยอำนวยความสะดวกคอยให้คำปรึกษาในการใช้อุปกรณ์ ให้กับทางคณะผู้จัดทำในการทำโครงงานพิเศษในครั้งนี้และขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทำโครงงานพิเศษ

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ นางสาวณัฐวรา ดำรงค์มงคลกุล นักศึกษาปริญญาโท และครอบครัวที่คอยช่วยเหลือและสนับสนุนในการทำโครงงานพิเศษครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีรวมถึงเพื่อนๆ ใยนห้องปฏิบัติการที่คอยช่วยเหลือให้คำแนะนำและให้กำลังใจในการทำโครงงานพิเศษครั้งนี้มาตลอดทำให้งานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์ด้วยดี

คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงงานพิเศษเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่นำไปศึกษาข้อมูลไม่มากก็น้อย หากมีข้อผิดพลาดประการใดคณะผู้จัดทำ ขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ดุสิตา แก้วแสน

ยศธร ฉายแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ฏ
สารบัญรูป	ฑ
คำย่อ/สัญลักษณ์	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขต	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 ประวัติความเป็นมาของพืชกัญชา	6
2.2 พฤกษศาสตร์ของพืชกัญชา	6
2.2.1 ลักษณะทั่วไปของกัญชา	7
2.2.2 ความแตกต่างระหว่างพืชกัญชงและกัญชา	11
2.2.3 ประโยชน์ในด้านต่างๆ ของพืชกัญชา	12
2.2.4 ประโยชน์ของกัญชาทางการแพทย์	13
2.3 สารประกอบที่สำคัญภายในพืชกัญชา	14
2.3.1 สารประกอบกลุ่มแคนนาบินอยด์	14
2.3.2 สารประกอบกลุ่มเทอร์ปีน	16
2.4 ไฮโดรโปนิกส์ (hydroponics)	17
2.4.1 ประวัติความเป็นมา	17
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	26
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	28
3.1 วัสดุและอุปกรณ์	28
3.1.1 เครื่องแก้ว	28
3.1.2 อุปกรณ์อื่นๆ	28
3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3	พันธุ์พืช	29
3.4	วิธีการทดลอง	29
	3.4.1 การเพาะเมล็ดกัญชา	29
	3.4.2 การศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของกัญชาในอาหาร 1/10, 1/20 และ 1/30 B5 (Gamborg B-5 basal) ภาชนะโปร่งแสง ขนาด 500 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky Method) ระยะเวลา 30 วัน	30
	3.4.3 การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในอาหาร B5 ที่ความเข้มข้น 1/10 ภาชนะทึบแสงขนาด 4,000 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky Method) ระยะเวลา 70 วัน	31
	3.4.4 การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในอาหาร 1/20 B5 ในภาชนะโปร่งแสงเปรียบเทียบกับการเจริญเติบโตของต้นกัญชา ในภาชนะทึบแสงขนาด 500 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky Method) ระยะเวลา 30 วัน	31
	3.4.5 การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในอาหาร 1/20 B5 ในภาชนะขนาด 4,000 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตในภาชนะขนาด 8,000 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky Method) ระยะเวลา 60 วัน	32
	3.4.6 การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในอาหารสูตร 1/20 B5 (Gamborg B-5 basal medium) เปรียบเทียบการเจริญเติบโต ของต้นกัญชาในอาหารสูตร 1/20 MS (Murasiige and Skoog, 1962) ในภาชนะแบบทึบแสงขนาด 500 มิลลิลิตร และเลี้ยงต่อขนาด 2500 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky Method) ระยะเวลา 112 วัน	32
	3.4.7 การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์ แบบ NFT (nutrient film technique) ที่มีระบบให้แสง 3 ชั้น ในอาหารสูตร 1/20 MS (Murasiige and Skoog, 1962)	33
	3.4.8 การศึกษาการขยายพันธุ์ต้นกัญชาด้วยวิธีการปักชำ โดยชักนำให้เกิดราก ด้วยฮอร์โมนออกซิน NAA และระยะเวลาการแช่กิ่งปักชำในฮอร์โมนออกซิน NAA	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.9 การศึกษาการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นกัญชาระหว่าง
ระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT (nutrient film technique)
และระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The kratky method)
ในอาหารสูตร 1/20 MS (Murasiige and Skoog, 1962) 34
3.4.10 การศึกษาการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นกัญชา
ในระบบไฮโดโปนิกส์แบบ NFT (nutrient film technique)
ไฟ LED แสงสีขาวความเข้มแสง PPFD 70 µmol/m2/s และ
ไฟ LED แสงสีน้ำเงิน PPFD 60 µmol/m2/s ในอาหาร
1/20 MS (Murasiige and Skoog, 1962) 34
3.4.11 การศึกษาองค์ประกอบส่วนต่างๆของต้นกัญชาผ่านกล้องจุลทรรศน์ 35
3.4.12 การศึกษาสาร CBD (Cannabinoid) และ
THC (Tetrahydrocannabinol) ของกัญชาในส่วนใบ
รากและก้านด้วย GC-MS 35
3.4.12.1 วิธีการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย 35
3.4.12.2 การวิเคราะห์ GC-MS ของ CBD และ THC 35
3.4.13 การศึกษาสารให้กลิ่นกลุ่มเทอร์ปีน (Terpene)
ในสารสกัดจากเปลือกลำต้นกัญชาด้วย GC-MS 36
3.4.13.1 การสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย 36
3.4.13.2 การวิเคราะห์ GC-MS ของสารให้กลิ่นกลุ่มเทอร์ปีน 36
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปราย 37
4.1 การศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของกัญชาในอาหาร
B5 (Gamborg B-5 basal) ที่ความเข้มข้น 1/10, 1/20
และ 1/30 ภาชนะโปร่งแสงขนาด 500 มิลลิลิตร
ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ Kratky Method ระยะเวลา 30 วัน 37
4.2 การศึกษาความสูงของต้นกัญชาในอาหาร B5 (Gamborg B-5 basal)
ที่ความเข้มข้น 1/10 ภาชนะทึบแสงขนาด 4,000 มิลลิลิตร
ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ Kratky Method ระยะเวลา 70 วัน 38
4.3 การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในอาหาร B5 ความเข้มข้น 1/20
ในภาชนะโปร่งแสงเปรียบเทียบการเจริญเติบโตต้นกัญชา
ในภาชนะทึบแสงขนาด 500 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ
Kratky Method ระยะเวลา 30 วัน 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4	การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในอาหาร B5 ที่ความเข้มข้น 1/20 ในภาชนะขนาด 4,000 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตในภาชนะขนาด 8,000 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky Method) ระยะเวลา 60 วัน	41
4.5	การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในอาหารสูตร 1/20 B5 (Gamborg B-5 basal medium) เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในอาหารสูตร 1/20 MS (Murasiige and Skoog, 1962) ในภาชนะแบบทึบแสงขนาด 500 มิลลิลิตร และเลี้ยงต่อขนาด 2500 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky Method) ระยะเวลา 112 วัน	44
4.6	การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT (nutrient film technique) ที่มีระบบให้แสง 3 ชั้น ในอาหารสูตร 1/20 MS (Murasiige and Skoog, 1962) ในระยะเวลา 88 วัน	49
4.7	การศึกษาการขยายพันธุ์ต้นกัญชาด้วยวิธีการปักชำ โดยชักนำให้เกิดราก ด้วยฮอร์โมนออกซิน NAA และระยะเวลาการแช่กิ่งปักชำในฮอร์โมนออกซิน NAA	53
4.8	การศึกษาการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นกัญชาระหว่างระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT (nutrient film technique) ที่มีระบบให้แสง 3 ชั้น และระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The kratky method) ในอาหารสูตร 1/20 MS (Murasiige and Skoog, 1962) ในระยะเวลา 88 วัน	54
4.9	การศึกษาการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในระบบไฮโดโปนิกส์แบบ NFT (nutrient film technique) ไฟ LED แสงสีขาว ความเข้มแสง (PPFD) 70 µmol/m2/s และไฟ LED แสงสีน้ำเงิน ความเข้มแสง (PPFD) 60 µmol/m2/s ในอาหาร 1/20 MS (Murasiige and Skoog, 1962)	59
4.10	การศึกษาองค์ประกอบส่วนต่างๆของต้นกัญชาผ่านกล้องจุลทรรศน์	62
4.11	การศึกษาสาร CBD (Cannabinoid) และ THC (Tetrahydrocannabinol) ของกัญชาในส่วนใบและรากด้วย GC-MS	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.12 การศึกษาสารให้กลิ่นกลุ่มเทอร์ปีน (Terpene) ในสารสกัดจากเปลือกลำต้นกัญชาด้วย GC-MS 68

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 71

5.1 สรุปผลการวิจัย 71

5.1.1 การศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของกัญชาในอาหาร B5 (Gamborg B-5 basal) ที่ความเข้มข้น 1/10, 1/20 และ 1/30 ภาชนะโปร่งแสงขนาด 500 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ Kratky Method ระยะเวลา 30 วัน 71

5.1.2 การศึกษาความสูงของต้นกัญชาในอาหาร B5 (Gamborg B-5 basal) ที่ความเข้มข้น 1/10 ภาชนะทึบแสงขนาด 4,000 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ Kratky Method ระยะเวลา 70 วัน 71

5.1.3 การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในอาหาร B5 ความเข้มข้น 1/20 ในภาชนะโปร่งแสงเปรียบเทียบการเจริญเติบโตต้นกัญชาในภาชนะทึบแสงขนาด 500 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ Kratky Method ระยะเวลา 30 วัน 71

5.1.4 การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในอาหาร B5 ที่ความเข้มข้น 1/20 ในภาชนะขนาด 4,000 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตในภาชนะขนาด 8,000 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky Method) ระยะเวลา 60 วัน 72

5.1.5 การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในอาหารสูตร 1/20 B5 (Gamborg B-5 basal medium) เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในอาหารสูตร 1/20 MS (Murasiige and Skoog, 1962) ในภาชนะแบบทึบแสงขนาด 500 มิลลิลิตร และเลี้ยงต่อขนาด 2500 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky Method) ระยะเวลา 112 วัน 72

5.1.6 การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT (nutrient film technique) ที่มีระบบให้แสง 3 ชั้น ในอาหารสูตร 1/20 MS (Murasiige and Skoog, 1962) ในระยะเวลา 88 วัน 73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.7 การศึกษาการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นกัญชาระหว่าง
ระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT (nutrient film technique)
ที่มีระบบให้แสง 3 ชั้น และระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ
KM (The kratky method) ในอาหารสูตร 1/20 MS
(Murasiige and Skoog, 1962) ในระยะเวลา 88 วัน 73
5.1.8 การศึกษาการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นกัญชา
ในระบบไฮโดโปนิกส์แบบ NFT (nutrient film technique)
ไฟ LED แสงสีขาว ความเข้มแสง (PPFD) 70 µmol/m2/s และ
ไฟ LED แสงสีน้ำเงิน ความเข้มแสง (PPFD) 60 µmol/m2/s
ในอาหาร 1/20 MS (Murasiige and Skoog, 1962) 74
5.1.9 การศึกษาการขยายพันธุ์ต้นกัญชาด้วยวิธีการปักชำ
โดยชักนำให้เกิดรากด้วยฮอร์โมนออกซินNAA
และระยะเวลาการแช่กิ่งปักชำในฮอร์โมนออกซิน NAA 74
5.1.10 การศึกษาองค์ประกอบส่วนต่างๆของต้นกัญชาผ่านกล้องจุลทรรศน์ 74
5.1.11 การศึกษาสาร CBD (Cannabinoid) และ
THC (Tetrahydrocannabinol) ของกัญชาในส่วนใบ รากและก้าน 75
5.1.12 การศึกษาสารให้กลิ่นกลุ่มเทอร์ปีน (Terpene)
ในสารสกัดจากเปลือกลำต้นกัญชาด้วย GC-MS 75
5.2 ข้อเสนอแนะ 76
เอกสารอ้างอิง 77
ภาคผนวก 79
ภาคผนวก ก 80
ภาคผนวก ข 81
ภาคผนวก ค 82
ภาคผนวก ง 83
ภาคผนวก จ 84
ภาคผนวก ฉ 85
ภาคผนวก ช 86
ภาคผนวก ซ 88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	แสดงปริมาณอาหาร B5 ที่ต้องใส่ในอาหารความเข้มข้น 1/10, 1/20 และ 1/30	30
4.1	การเจริญเติบโตของต้นกัญชาในระยะเวลา 15 และ 30 วัน ในอาหารสูตร B5 ที่ความเข้มข้น 1/10, 1/20 และ 1/30 เพาะเลี้ยงในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky method)	38
4.2	การเจริญเติบโตของต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ Kratky Method อาหาร 1/10 B5 ภาชนะทึบแสงขนาด 4,000 มิลลิลิตร	39
4.3	การเจริญเติบโตของต้นกัญชาในอาหาร 1/20 B5 ในภาชนะโปร่งแสง เปรียบเทียบกับในภาชนะทึบแสงขนาด 500 มิลลิลิตร ระยะเวลา 30 วัน ระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky method)	41
4.4	การเจริญเติบโตของต้นกัญชาในอาหาร B5 ที่ความเข้มข้น 1/20 ในภาชนะขนาด 4,000 และ 8,000 มิลลิลิตร ระยะเวลา 60 วัน	43
4.5	การเจริญเติบโต Growth index ของต้นกัญชาในภาชนะขนาด 4000 มิลลิลิตร เปรียบเทียบกับการเจริญเติบโต Growth index ในภาชนะขนาด 8000 มิลลิลิตร ระยะเวลา 60 วัน	43
4.6	การเจริญเติบโตพื้นใบและความสูงของต้นกัญชา ในภาชนะขวดขนาด 500 และ 2500 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky Method) ระยะเวลา 112 วัน	46
4.7	การเจริญเติบโตของต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT (nutrient film technique) ที่มีระบบให้แสง 3 ชั้น ในระยะเวลา 88 วัน	50
4.8	การเปลี่ยนแปลงลักษณะของใบกัญชาและพื้นที่ใบตามอายุของต้นกัญชา ในระยะเวลา 90 วัน	52
4.9	จำนวนรากและ % การเกิดรากของกิ่งปักชำ ที่แช่ในฮอร์โมน NAA ที่ความเข้มข้น 0, 0.1, 1, 10 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ในระยะเวลาการแช่ 48 และ 72 ชั่วโมง บันทึกผลภายในระยะเวลา 14 วัน	54
4.10	การเจริญเติบโตของต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำลึก NFT (nutrient film technique) มีระบบให้แสง 3 ชั้น และระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky method) ในระยะเวลา 88 วัน	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.11 ความสูงและพื้นที่ใบของต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT ภายใต้ไฟ LED แสงสีขาวและไฟแสงสีน้ำเงิน ในอาหาร MS ความเข้มข้น 1/20 ในระยะเวลา 35 วัน 59
4.12 ลักษณะส่วนประกอบส่วนต่างๆของกัญชา 62
4.13 เวลาในการพบสาร CBD และ THC ของสารสกัดจากใบกัญชา 65
4.14 ระบุสารกลุ่มเทอร์ปีน (Terpene) ในสารสกัดจาก เปลือกลำต้นกัญชาด้วย GC-MS 69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	ดอกเพศผู้	7
2.2	ดอกเพศเมีย	8
2.3	ดอกเพศกะเทย	8
2.4	หน้าใบกัญชา	9
2.5	ลำต้นกัญชา	9
2.6	เมล็ดกัญชา	10
2.7	รากกัญชา	11
2.8	ผลิตภัณฑ์เส้นใยกัญชงและกัญชา	12
2.9	ผลิตภัณฑ์จากโปรตีนของเมล็ดกัญชงและกัญชา	13
2.10	ผลิตภัณฑ์ของ Sativex ที่ใช้สารสกัด THC และ CBD ของกัญชา	14
2.11	Tetrahydrocannabinol (THC)	15
2.12	Cannabidiol (CBD)	16
2.13	NFT (Nutrient Film Technique)	18
2.14	DRFT (Dynamic Root Floating Technique)	20
2.15	Deep water Technique (DWT)	21
2.16	Shallow water culture (SWC)	22
2.17	Aeroponics	23
2.18	Wick system	23
2.19	Ebb & Flow (Flood & Drain)	24
2.20	Drip Irrigation	24
2.21	The Kratky Method	25
4.1	การเจริญเติบโตของต้นกัญชาในในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ Kratky Method อาหาร B5 ความเข้มข้น 1/10 ภาชนะขนาด 4,000 มิลลิลิตร ระยะเวลา 70 วัน โดยดูจากความสูง	40
4.2	การเจริญเติบโตของต้นกัญชาในในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ Kratky Method อาหาร B5 ที่ความเข้มข้น 1/20 ในภาชนะขนาด 4,000 และ 8,000 มิลลิลิตร ระยะเวลา 60 วัน โดยดูจากความสูง	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3	เปรียบเทียบการเจริญเติบโตด้านพื้นที่ใบของต้นกัญชาใน อาหารสูตร 1/20 B5 และอาหารสูตร 1/20 MS ในภาชนะขวดทึบแสงขนาด 500 มิลลิลิตรและเลี้ยงต่อในภาชนะขนาดขนาด 2500 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky Method) ในระยะเวลา 112 วัน	47
4.4	เปรียบเทียบการเจริญเติบโตด้านความสูงของต้นกัญชาใน อาหารสูตร 1/20 B5 และอาหารสูตร 1/20 MS ในภาชนะขวดทึบแสงขนาด 500 มิลลิลิตร และเลี้ยงต่อในภาชนะขนาดขนาด 2500 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky Method) ในระยะเวลา 112 วัน	48
4.5	พื้นที่ใบและความสูงของต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT (nutrient film technique) ที่มีระบบให้แสง 3 ชั้น ในระยะเวลา 88 วัน	51
4.6	การเจริญเติบโตสูงในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT มีระบบให้แสง 3 ชั้น และระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM ในระยะเวลา 88 วัน	56
4.7	การเจริญเติบโตพื้นที่ของต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT มีระบบให้แสง 3 ชั้น และระบบไฮโดรโปนิกส์ แบบ KM ในระยะเวลา 88 วัน	57
4.8	แสดงลักษณะรากระหว่าง ระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT (nutrient film technique) ที่มีระบบให้แสง 3 ชั้น และระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The kratky method)	58
4.9	การเจริญเติบโตความสูงของต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT ภายใต้ไฟ LED แสงสีขาวและไฟแสงสีน้ำเงิน ในอาหาร 1/20 MS ในระยะเวลา 35 วัน	60
4.10	การเจริญเติบโตพื้นที่ใบของต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT ภายใต้ไฟ LED แสงสีขาวและไฟแสงสีน้ำเงิน ในอาหาร 1/20 MS ในระยะเวลา 35 วัน	61
4.11	โครมาโตแกรมของสารสกัดจากใบกัญชาที่วิเคราะห์ด้วย GC-MS	66
4.12	ลักษณะการแตกหักของสาร CBD ในสารสกัดใบกัญชา เทียบกับ Mass spectral library	66
4.13	ลักษณะการแตกหักของสาร THC ในสารสกัดใบกัญชา เทียบกับ Mass spectral library	67
4.14	โครมาโตแกรมของสารสกัดจากก้านกัญชาที่วิเคราะห์ด้วย GC-MS	67
4.15	โครมาโตแกรมของสารสกัดเปลือกลำต้นกัญชาที่วิเคราะห์ด้วย GC-MS	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อ/สัญลักษณ์

คำย่อ/สัญลักษณ์	คำอธิบาย
THC	Tetrahydrocannabinols
CBD	Cannabidiol
KM	The Kratky method
NFT	Nutrient film technique
MS	Murashige and Skoog
B5	Gamborg B-5 basal medium
NAA	Naphthalene acetic acid

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

กัญชา เป็นพืชล้มลุกคล้ายต้นมันสัมปหลัง มีสารสำคัญได้แก่ THC (tetrahydrocannabinol) และ CBD (cannabinol) ในปัจจุบัน กันชานิยมนำไปใช้อย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็น สเปรย์ น้ำมัน แคปซูล เครื่องพ่นไอระเหยทางการแพทย์ ไปจนถึงการนำมาใส่ในอาหาร และเครื่องดื่มต่างๆ และในทางการแพทย์นั้น กัญชาทุกนำมาใช้ในการรักษาโรคต่างๆ โดยแต่ละรูปแบบของการรักษา ให้ปริมาณความเข้มของสารแคนนาบินอยด์ที่ไม่เหมือนกัน และตอบสนองความต้องการของผู้ป่วยที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของแพทย์ผู้เชี่ยวชาญในการดูแล สารในกัญชาที่นำไปใช้ในวงการแพทย์ สารในกัญชาที่ใช้ทางการแพทย์ ส่วนใหญ่นิยมใช้ช่อดอก เนื่องจากมีสารสำคัญที่สามารถนำมาสกัดอยู่ในปริมาณมากกว่าส่วนอื่นๆโดยเลือกเก็บและสกัดสารสำคัญจากดอกกัญชาตัวเมียที่ไม่ถูกผสม เมื่อออกดอกเติบโตจะมีไตรโคม (Trichomes) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของต้นกัญชาที่สะสมสารสำคัญของกัญชาประกอบด้วย THC, CBD และสารอื่นๆ อีกกว่า 400 ชนิด มาตรฐานทางการแพทย์ที่นานาชาติให้การการยอมรับ จะใช้กรรมวิธีการสกัดให้ได้ปริมาณสารสำคัญเป็นไปตามที่ต้องการและสม่ำเสมอ , ปราศจากเชื้อก่อโรค,ยาฆ่าแมลง และปราศจากการปนเปื้อนของสารโลหะหนัก ระบบไฮโดรโปนิกส์สามารถใช้ปลูกพืชได้หลายชนิด และกัญชาเป็นพืชอีกหนึ่งชนิดที่นิยมปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิกส์การปลูกพืชไร้ดิน ข้อดีของการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ มีการจัดปัจจัยต่างๆ เช่น น้ำ ธาตุอาหาร แสง และอุณหภูมิให้แก่พืชอย่างเหมาะสม พืชจึงเจริญเติบโตเร็ว ผลผลิตมากและสม่ำเสมอ สะอาด มีคุณภาพดี สามารถปลูกได้ในพื้นที่ไม่มีดิน หรือดินไม่เหมาะสมต่อการปลูกพืช ทำให้การใช้น้ำ ใช้ปุ๋ยเป็นไปอย่างประสิทธิภาพ สามารถควบคุมโรค และแมลงศัตรูพืชได้

โครงงานพิเศษนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะทำการศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์ โดยขอบเขตของโครงงานต้นกัญชาที่ได้จากการเพาะเมล็ดมาทำการศึกษา โดยโครงงานพิเศษนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการศึกการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์ ซึ่งประโยชน์ดังกล่าวนี้จะสามารถนำไปศึกษาและพัฒนาระบบไฮโดรโปนิกส์สำหรับการปลูกต้นกัญชาต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.ศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ The Kratky Method และ NFT (nutrient film technique)

2.ศึกษาความเหมาะสมของขนาดภาชนะในการปลูกต้นกัญชาในระไฮโดรโปนิกส์แบบ The Kratky Method

3.ศึกษาความเหมาะสมของสูตรอาหาร B5 และ MS ที่ความเข้มข้นต่างๆ ในระบบไฮบบไฮโดรโปนิกส์แบบ The Kratky Method

4.ศึกษาความเหมาะสมสีของแสงในการปลูกต้นกัญชาในระบบ NFT (nutrient film technique)

5.ศึกษาการขยายพันธุ์ด้วยการปักชำกิ่งของต้นกัญชา โดยการชักนำให้เกิดรากด้วยฮอร์โมนออกซิน NAA

6.ศึกษาสาร THC และ CBD จาก ใบ ราก และก้าน ด้วยวิธี GC-MS

7.ศึกษาองค์ประกอบของกลิ่นจากผิวก้านของกัญชา ด้วยวิธี GC-MS

8.ศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะใบของต้นกัญชา

9.ศึกษาลักษณะส่วนต่างๆของต้นกัญชาผ่านกล้องจุลทรรศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.ทำการศึกษาการอาหารสูตร B-5 จำนวน 3 ความเข้มข้น 1/10, 1/20 และ 1/30 กรัม/ลิตร ในภาชนะขนาด 500 มิลลิลิตร เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky Method)

2.ศึกษาการเจริญเติบของต้นกัญชาในอาหารสูตร B5 ความเข้มข้น 1/10 กรัม/ลิตร ในภาชนะขนาด 4000 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky Method)

3.ทำการศึกษาความเหมาะสมของภาชนะทึบแสงและโปร่งแสงที่ใช้ในการเลี้ยงต้นกัญชา เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นกัญชา ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky Method)

4.ทำการศึกษาความเหมาะสมของขนาดภาชนะ 4000 และ 8000 มิลลิลิตรต่อการเลี้ยงต้นกัญชา เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโต ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky Method)

5.ทำศึกษาสาร CBD (Cannabinoid) และ THC (Tetrahydrocannabinol) ในราก ใบ และก้านของต้นกัญชา

6.ทำการศึกสูตรอาหาร 2 สูตร MS (Murasiige and Skoog,) และ B5 (Gamborg B-5 basal medium) เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นกัญชา ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky Method)

7.ทำการศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT (nutrient film technique)

ที่มีระบบให้แสง 3 ชั้น

8.เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะใบจำนวณแฉก และพื้นที่ใบของต้นกัญชาในระบบ NFT (nutrient film technique)

9.ทำการศึกษาความเหมาะสมในการเลี้ยงต้นกัญชาของ ระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky Method) และระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT (nutrient film technique) ที่มีระบบให้แสง 3 ชั้น เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกัญชา

10.ทำการศึกษาความเหมาะสาะสมของความเข้มแสงของไฟ LED สีน้ำเงินและสีขาว เพื่อึกษาการเจริญเติบโตของต้นกัญชา NFT (nutrient film technique)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11.ทำการศึกษาการชักนำให้เกิดรากด้วยฮอโมนออกซิน ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันและระยะเวลาการแช่ที่แตกต่างกัน เพื่อศึกษาการชักนำให้เกิดรากด้วยฮอร์โมนออกซิน

12.ทำการศึกษาส่วนต่างๆของต้นกัญชาผ่านกล้องจุลทรรศน์

13.ทำการศึกษาองค์ประกอบของกลิ่นกัญชาส่วนผิวของต้นกัญชา ด้วย GC-MS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.สามารถนำความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีชีวภาพมาใช้ในการศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์ที่มีขนาดพื้นที่การปลูกจำกัด

2.ทราบถึงสูตรอาหาร ความเข้มข้นของอาหาร ภาชนะ ความเข้มแสงที่เหมาะสมสำหรับการปลูกต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์

3.ทราบถึงการตอบสนองต่อการชักนำให้เกิดรากด้วยฮอร์โมนออกซิน

4.ทราบถึงองค์ประกอบกลิ่นกัญชา

5.ทราบถึงองค์ประกอบส่วนต่างๆ ของต้นกัญชา

6.ทราบถึงระบบไฮโดรโปนิกส์ที่เหมาะสมในการปลูกต้นกัญชา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประวัติความเป็นมาของพืชกัญชา (สมยศ, 2562)

กัญชา (*Cannabis sativa* L.*subsp. indica*) และกัญชง หรือ เฮมพ์ (*Cannabis sativa* L.*subsp. sativa*) มีชื่อทางพฤกษศาสต์เดียวกันคือ *Cannabis sativa* L. เพราะมีต้นกำเนิดมาจากพืชเดิมชนิดเดียวกัน ลักษณะภายนอกหรือสัณฐานวิทยาของพืช ทั้งสองชนิดนั้นจึงไม่แตกต่างกันหรือมีความแตกต่างกันน้อยมากจนยากในการจำแนก แต่จากการที่พืชทั้งสองชนิดนี้มีการใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางมาเป็นระยะเวลายาวนาน จึงทำให้มีการคัดเลือกพันธุ์เพื่ออให้ได้สายพันธุ์ที่มีคุณสมบัติดีและเหมาะสมที่สุด ตรงตามวัตถุประสงค์ของการใช้ประโยชน์ จึงมีความแตกต่างกันชัดเจนมากขึ้นระหว่าง ต้นกัญชาที่เป็นยาเสพติดและกัญชงที่ใช้เป็นพืชเส้นใยในปัจจุบัน

กัญชง-กัญชา เป็นพืชเดิมที่ขึ้นอยู่ในเขตอบอุ่นของทวีปเอเชียสันนิษฐานว่า มีการกระจายพันธุ์เป็นบริเวณกว้างอยู่ทางตอนกลางของทวีป ได้แก่ พื้นที่ทางตอนใต้ของแคว้นไซบีเรียประเทศเปอร์เซีย ทางตอนเหนือของประเทศอินเดียบริเวณแคว้นแคชเมียร์และเชิงเขาหิมาลัยและประเทศจีนเป็นพืชที่ได้รับการบันทึกไว้ในเอกสารเก่าหลายเล่มว่ามีการปลูกใช้ประโยชน์เป็นพืชเส้นใยและปลูกเป็นพืชเสพติดมาแต่ดึกดำบรรพ์

ในประเทศไทยดูเหมือนมีการนำกัญชาเข้ามาจากประเทศอินเดีย โดยอ้างหลักฐานจากชื่อซึ่งคล้ายกับคำว่า gunja ในภาษาฮินดี เดิมกัญชาใช้ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เป็นส่วนประกอบของอาหาร เครื่องเทศ ยา และเส้นใย และนับเป็นสมุนไพรพื้นบ้านมาหลายศตวรรษ ประเทศไทยมีประวัติการใช้กัญชาในตำรับยารักษาอาการเจ็บป่วยต่าง ๆ มายาวนาน ตั้งแต่ยุคสมเด็จพระนารายณ์มหาราชแห่งกรุงศรีอยุธยา (พ.ศ. 2175-2231 ครองราชย์ พ.ศ. 2199-2231) แต่ต้องหยุดใช้ไปเนื่องจากความเข้าใจผิดของคนทั่วโลกที่กำหนดว่ากัญชาเป็นสิ่งเสพติด

2.2 พฤกษศาสตร์ของพืชกัญชา (สมยศ, 2562)

กัญชาเป็นไม้ล้มลุก ลำต้นตั้งตรง สูง 1-5 เมตร มีขนสีเขียวอมเทาและไม่ค่อยแตกกิ่ง ใบเดี่ยว รูปฝ่ามือ ขอบใบเว้าลึกจนถึงจุดโคนใบเป็น 5-7 แฉก แต่ละแฉกยาวรี และกว้างประมาณ 0.3-1.5 เซนติเมตร ยาว 6-10 เซนติเมตร โคนและปลายสอบ ขอบจักฟันเลื่อย แผ่นใบด้านบนสีเขียวเข้มกว่าด้านล่าง ดอกขนาดเล็กแยกเพศต่างต้น (แต่อาจพบต้นที่มีดอกแยกเพศร่วมต้นได้) ผลเป็นแบบผลแห้งขนาดเล็ก เกลี้ยง สีน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 ลักษณะทั่วไปของกัญชา (ณัฐพงศ์, 2566)

ช่อดอก มี 2 ชนิด คือ ชนิดที่มีดอกเพศผู้และเพศเมียอยู่ในต้นเดียวกัน (monoecious) และชนิดดอกเพศผู้และเพศเมียแยกกันอยู่คนละต้น (dioecious) ในประเทศไทยพบว่าพืชกัญชามีดอกเพศผู้และดอกเพศเมียอยู่ต่างต้นกัน ออกดอกเป็นช่อตามซอกใบและตามยอด

ดอกเพศผู้ (รูปที่ 2.1) ช่อดอกเพศผู้เป็นแบบ panicle (ช่อดอกที่แกนกลางแตกแขนง) ประกอดด้วยกลีบเลี้ยง 5 กลีบ แยกกันเป็นอิสระ มีสีเขียวอมเหลือง พบเกสรเพศผู้ 5 อัน พบระยะการบานประมาณ 2 เดือน

รูปที่ 2.1 ดอกเพศผู้

(ที่มา: https://www.baanmug.com/post/%)

ดอกเพศเมีย (รูปที่ 2.2) เกิดตามซอกใบและปลายยอด ในบริเวณช่อดอกจะอัดตัวกันแน่น ช่อดอกเป็นแบบ spike (ช่อดอกที่ดอกย่อยไม่มีก้าน) ประกอบด้วยกลีบเลี้ยงสีเขียวเข้มห่อหุ้มรังไข่ไว้ ภายในมี stigma 2 อัน สีน้ำตาลแดง อายุของดอกค่อนข้างสั้นประมาณ 2-3 สัปดาห์ และมี Glandular trichomes เป็นส่วนของพืชกัญชาซึ่งมีอยู่หนาแน่นในบริเวณช่อดอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.2 ดอกเพศเมีย

(ที่มา: https://www.technologychaoban.com/agricultural-technology/article_177069)

ดอกเพศกะเทย เป็นเพศทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงต้นกัญชาที่มีมีทั้งเกสรเพศผู้และเพศเมียในต้นเดียวกัน ทำให้เป็นต้นที่มีทั้งดอกและเมล็ดในต้นเดียวกัน (สมยศ, 2562)

รูปที่ 2.3 ดอกเพศกะเทย

(ที่มา: https://th.cannabis-mag.com/)

ส่วนของหน้าใบ (รูปที่ 2.4) ใบของกัญชาเป็นใบเดี่ยว รูปฝ่ามือ ลักษณะของใบแตกออกเป็นแฉกๆ ประมาณ 5-8 แฉก แต่ละแฉกเป็นรูปยาวรี ปลายและโคนสอบ ส่วนขอบใบทุกแฉกเป็ยหยักแบบฟันเลื่อย มีความกว้างประมาณ 0.3-1.5 เซนติเมตร ยาว 6-10 เซนติเมตร ลักษณะของใบโดยรวมจะคล้ายๆ ใบละหุ่ง ใบฝิ่น และใบมันสำปะหลัง ผิวใบด้านมีตุ่มเป็นสีเขียวเข้ม มีขนต่อม trichomes กระจายทั่วผิวใบด้านบน (ณัฐพงศ์, 2566)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.4 หน้าใบกัญชา

(ที่มา: https://www.pngkit.com/so/cannabis-leaf/)

ส่วนของหลังใบ ส่วนด้านล่างท้องใบมีสีเทาอ่อนเล็กน้อย มีขนอ่อนนาบไปกับแผ่นใบ ก้านใบยาวประมาณ 4-15 เซนติเมตร ในก้านหนึ่งจะมีใบเดี่ยว 3-11 ใบ มีกลิ่นเหม็นเขียว (ณัฐพงศ์, 2566)

ลำต้น (รูปที่ 2.5) มีลักษณะตั้งตรง สีเขียว เมื่อแห้งจะเป็นสีน้ำตาล สูงประมาณ 1-3 เมตร มีลักษณะอวบน้ำเมื่อเป็นต้นกล้า เริ่มมีการสร้างเนื้อไม้เมื่อเจริญได้ 2-3 สัปดาห์ มีความสูงเฉลี่ยคงที่ คือ ประมาณ 200 เซนติเมตร สำหรับต้นกัญชาเพศผู้ จะมีเม็ดกลมเล็กๆ บริเวณก้านใบติดกับลำต้น ส่วนกัญชาเพศเมียจะมีดอกเป็นฝอยสีขาว และยังมีกัญชากะเทยที่มีทั้งเพศผู้และเพศเมียอยู่ในต้นเดียวกัน เปลือกของลำต้นสามารถลอกออกเพื่อใช้ประโยชน์จากเส้นใย โดยเปลือกนอกให้เส้นใยที่ยาว เหนียว แต่ค่อนข้างหยาบ ส่วนเปลือกในที่ติดกับเนื้อไม้ให้เส้นใยที่ละเอียดกว่า (ณัฐพงศ์, 2566)

รูปที่ 2.5 ลำต้นกัญชา

(ที่มา: https://weedmaps.com/learn/the-plant/weed-stems)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ด (รูปที่ 2.6) เป็นเมล็ดเดี่ยว ผลกัญชาเป็นผลแห้งขนาดเล็ก เมล็ดล่อนไม่แตก ผิวของผลเรียบเป็นมัน สีนเตาลแกมเทาหรือสีเทาเข้ม มีใบประดับหุ้ม ในผลจะมีเมล็ดขนาดเล็ก ผลมีรูปร่างกลมรูปไข่ป้อม ขนาดประมาณ 4-5 มิลลิลิเมตร มีน้ำหนักเฉลี่ย 8-24 กรัมต่อเมล็ด 1,000 เมล็ด เมล็ดจะออกประมาณ 2-3 สัปดาห์ หลังออกดอก น้ำมันที่ได้จากเมล็ดจะเป็นน้ำมันไม่ระเหย (fixed oil) ซึ่งสามารถนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น ใช้ทำสีทาบ้าน ทำสบู่ เป็นต้น รสชาติของเมล็ดกัญชา มีรสหวาน ใช้แก้อาการที่เกี่ยวกับกระเพาะและลำไส้ใหญ่เพื่อรักษาอาการท้องผูกได้ (ณัฐพงศ์, 2566)

รูปที่ 2.6 เมล็ดกัญชา

(ที่มา: https://www.chicannaco.com/collections/cannabis-seeds-chicago)

ราก (รูปที่ 2.7) รากเป็นส่วนที่ดูดซึมอาหารเพื่อไปหล่อเลี้ยงลำต้น ใบและดอกของกัญชา ดังนั้นไม่แปลกที่รากกัญชาจะมีสารอาหารโคลีน ซึ่งเป็นสารอาหารที่จำเป็น และเป็นสารตั้งต้นของสารสื่อประสาทอะซีทิลโคลีน (Acetylcholine) ซึ่งเป็นสารสำคัญต่อการพัฒนาและรักษาเซลล์ให้สุขภาพดี รากกัญชาเป็นระบบรากแก้ว มีรากแขนงจำนวนมาก รูปแบบการใช้นั้นอยู่หลากหลาย แต่วิธีที่ง่ายและเก่าแก่ที่สุดคือการต้มรากกับน้ำเปล่า อาจมีรสชาติขมกว่าชาที่ทำมาจากใบหรือดอก โดยปัจจุบันในประเทศที่มีการอนุญาตการใช้กัญชาเพื่อการแพทย์ ได้มีการผลิตรากกัญชาเพื่อการรักษาในรูปแบบที่ต่างกันไป ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ในการใช้ (ณัฐพงศ์, 2566)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.7 รากกัญชา

(ที่มา: https://bloommedicinals.com/cannabis-education/the-many-surprising-benefits-of-the-cannabis-root/)

2.2.2 ความแตกต่างระหว่างพืชกัญชงและกัญชา (สมยศ, 2562)

เนื่องจากพืชกัญชงและกัญชาเปนพืชที่มีความใกลชิดกันมาก เนื่องจากอยูในวงศเดียวกันจึงทำใหมีความคลายกันในหลายลักษณะ รวมถึงสารเคมีภายในยังมีสารประกอบที่สำคัญที่ยังคงเหมือนกัน การแยกภายนอกนั้น เมื่อตนยังมีขนาดเล็กจะแยกได้ยากมาก แตเมื่อโตเต็มที่จะมีหลายลักษณะที่มีความแตกตางกันอยางเห็นไดชัด อาทิความสูง ต้นกัญชงโดยทั่วไปสูงใหญกวาตนกัญชาและจะสูงมากกวา 2 เมตร สวนกัญชามักสูงไมเกิน 2 เมตร

ใบ ต้นกัญชงใบจะมีขนาดใหญกวา มีการเรียงสลับของใบคอนขางหางชัดเจนและไมมียางเหนียวติดมือ ส่วนกัญชาใบจะเล็กกว่ากัญชงเล็กนอย การเรียงตัวของใบจะชิดกันหรือเรียงเวียนใกลโดยเฉพาะใบประดับชอดอกจะเปนกลุ่มแน่นชัดเจนและมักมียางเหนียวติดมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ประโยชน์ในด้านต่างๆ ของพืชกัญชา (สมยศ, 2562)

ประโยชน์จากเส้นใย เส้นใยกัญชงและกัญชาเป็นเส้นใยที่มีคุณภาพสูง มีความยืดหยุ่น แข็งแรง และทนทานสูง สามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์จากเส้นใยได้กว่า 5,000 ชนิด (ดังแสดงในรูปที่ 2.8) เป็นวัตถุดิบในการผลิตเส้นใยใช้ในการทำเสื้อผ้าและทำเยื่อกระดาษ ถึงแม้ว่าเส้นใยกัญชงจะให้ผ้ามีรอยย่นหรือเกิดรอยยับได้ง่าย แต่ลักษณะ ของเส้นใยที่สามารถลอกออกเป็นชั้นๆ คล้ายหัวหอมแต่เป็นใยยาว จึงสามารถนำมาพัฒนาผลิตเป็นผ้าที่บางได้เท่าที่ต้องการ และยังสามารถซักด้วยเครื่องซักผ้าได้ โครงสร้างของเส้นใยทำให้ผ้าที่ได้สวมใส่เย็นสบายในฤดูร้อน และคุณสมบัติของเส้นใยที่แข็งแรงกว่าผ้าฝ้าย ดูดซับความชื้นได้ดีกว่าไนลอน อบอุ่นกว่าลินนิน ทำให้มีความเบาสวมใส่สบาย ก็เป็นจุดที่ทำให้เส้นใยกัญชงเริ่มเข้ามาเป็นคู่แข่ง ที่สำคัญในตลาดเส้นใยธรรมชาติ และจะทวีความสำคัญขึ้นอีกในอนาคต แต่ไม่มีปริมาณพอกับความต้องการของตลาดโลก

รูปที่ 2.8 ผลิตภัณฑ์เส้นใยกัญชงและกัญชา

(ที่มา: https://www.sarakadeelite.com/better-living/thai-hemp-research/)

ประโยชน์จากโปรตีนในเมล็ด เมล็ดกัญชงและกัญชาจะประกอบไปด้วยโปรตีนซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าโปรตีนจากถั่วเหลือง มีปริมาณเส้นใยสูงและยังมีราคาที่ถูกกว่า โปรตีนในเมล็ดของกัญชงและกัญชาสามารถนำมาใช้ทดแทนผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากถั่วเหลือง (ดังแสดงในรูปที่ 2.9) เช่น เต้าหู้ เนย ชีส น้ำมันสลัด ไอศกรีม และนม ฯลฯ นอกจากนี้เรายังสามารถนำเมล็ดของกัญชงและกัญชามาผลิตแป้งเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบ สำหรับการประกอบอาหาร เช่น พลาสต้า คุกกี้ ขนมปัง ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.9 ผลิตภัณฑ์จากโปรตีนของเมล็ดกัญชงและกัญชา

(ที่มา: https://th.cannadorra.com/en/eshop/hemp-protein-power-bar-hemp-38-cashew-40g)

ประโยชน์จากน้ำมันในเมล็ด น้ำมันในเมล็ดกัญชงและกัญชาให้กรดไขมัน Omega-3 ซึ่งเป็นกรดไขมันที่มีอยู่ในน้ำมันจากปลา และกัญชงเท่านั้น ผลจากการตรวจเอกสารพบว่าผู้ที่บริโภคปลาและอาหารที่มีกรดไขมัน Omega-3 จะมีโอกาสเป็นโรคหัวใจต่ำกว่าบุคคลทั่วไป ซึ่งการบริโภค Omega-3 สามารถช่วยลดอัตราการเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งอีกด้วย

2.2.4 ประโยชน์ของกัญชาทางการแพทย์ (เชิดชู, 2562)

การใช้ยาตามตำรับยาการแพทย์แผนไทย พืชกัญชามีส่วนที่ใช้เป็นตัวยาในตำรับยาเกือบทุกส่วน ไม่ว่าจะเป็นราก ก้านใบ ใบ และเรือนยอดช่อดอกเพศเมีย (ซึ่งมีฤทธิ์แรงที่สุด) ตำราสรรพคุณยาไทยระบุว่า กัญชา มีรสเมาเบื่อ มีสรรพคุณแตกต่างกันตามส่วนที่ใช้ เช่น ใบมีสรรพคุณแก้หอบหืด เจริญอาหาร ชูกำลัง เป็นต้น แต่ทำให้จิตใจ ขลาดกลัว ตาลาย ประสาทหลอน ดอกมีสรรพคุณแก้โรคประสาท ทำให้นอนหลับ เจริญอาหาร กัดเสมหะในคอ เป็นต้น

เภสัชวิทยาคลินิกของกัญชาทางการแพทย์ กัญชาประกอบด้วยสารอย่างต่ำ 60 ชนิด ส่วนสำคัญที่รู้จักกันดีก็คือ cannabinoids ซึ่งเป็น active component ของกัญชา ได้แก่ delta-9 tetrahydrocannabinol (THC) ซึ่งออกฤทธิ์ต่อจิตประสาท ทำให้เกิดการเสพติด ส่วนสารอีกประเภทหนึ่งคือ cannabidiol (CBD) นั้นไม่ทำให้เสพติด และมีรายงานการศึกษาว่ามีฤทธิ์ต้านการอักเสบ มีฤทธิ์ปกป้องการเสื่อมของเซลล์ประสาท และต้านการชัก

การศึกษาในห้องปฏิบัติการและการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพกับสัตว์ทดลองพบว่า THC และ CBD แสดงฤทธิ์ยับยั้งเซลล์มะเร็งหลายชนิด เช่น มะเร็งเม็ดเลือดขาว มะเร็งช่องปาก มะเร็งเต้านม มะเร็งปากมดลูก (Sledzinski et al., 2018) นอกจากนี้ยังมีฤทธิ์ต้านการอักเสบ และฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย (Appendino et al., 2008)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ประโยชน์ทางยาของกัญชา Nabizmols หรือชื่อทางการค้าว่า Sativex (รูปที่ 2.10) คือสารสกัดของ THC และ CBD ในอัตราส่วน 1:1 ใช้รักษาอาการปวดของเส้นประสาท (neuropathic pain), ภาวะกล้ามเนื้อหดเกร็ง (spasticity), ภาวะกระเพาะปัสสาวะบีบตัวไวเกิน (overactive bladder; OAB), รักษาอาการอาเจียน (antiemetic effect) และโรคปลอกประสาทเสื่อมแข็ง (multiple sclerosis; MS) (Deiana et al., 2012)

รูปที่ 2.10 ผลิตภัณฑ์ของ Sativex ที่ใช้สารสกัด THC และ CBD ของกัญชา

(ที่มา: https://www.dinafem.org/en/blog/sativex-first-cannabis-based-druge-globally-standardised/

2.3 สารประกอบที่สำคัญภายในพืชกัญชา (มาติน, 2562)

2.3.1 สารประกอบกลุ่มแคนนาบินอยด์

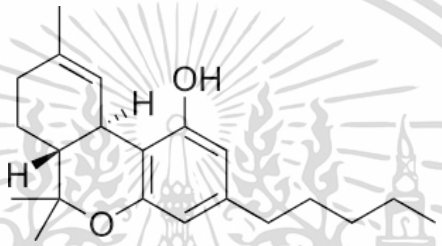
สารประกอบทางเคมีมากกว่า 500 ชนิดถูกผลิตจากต้นกัญชา ในจำนวนเหล่านั้นมีสารประกอบทางเคมีอย่างน้อย 100 ชนิดที่มีอยู่ในต้นกัญชาเท่านั้น ซึ่งก็คือสารแคนนาบินอยด์ สารแคนนาบินอยด์ที่ได้จากพืช มีชื่อเรียกว่า สารไฟโตแคนนาบินอยด์ สารไฟโตแคนนาบินอยด์หลักและเป็นชนิดที่รู้จักมากที่สุด คือ เดลต้า 9 เตตร้าไฮโดรแคนนาบินอยด์ (THC) และแคนนาบิไดออล (CBD) THC เป็นสารออกฤทธิ์ต่อจิตประสาท ขณะที่ CBD ไม่ออกฤทธิ์ต่อจิตประสาท (นั่นคือสารนี้จะไม่ปรับเปลี่ยนการรับรู้และความรู้สึกตัว) สารแคนนาบินอยด์เป็นสารเคมีที่ มีฤทธิ์ทางชีวภาพ ความเข้มข้น ของสารแคนนาบินอยด์แตกต่างกันไปตามส่วนของพืช (ยกเว้นเมล็ด และราก) โดยพบความเข้มข้นของสารสูงสุดในดอกเพศเมียที่ยังไม่ได้ผสมพันธุ์

ฤทธิ์ทางชีวภาพส่วนใหญ่เชื่อมโยงกับสารแคนนาบินอยด์หลัก ได้แก่ THC และ CBD แม้ว่า THC และ CBD จะออกฤทธิ์แตกต่างกัน แต่ก็เริ่มเห็นได้ชัดว่าสารแคนนาบินอยด์หลายชนิดและองค์ประกอบอื่นๆ ของต้นกัญชาอาจเกี่ยวข้องกับผลด้านการบำบัดโรคมากมายของพืชชนิดนี้ สาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แคนนาบินอยด์เหล่านั้นรวมถึง Cannabinoids Tetrahydrocannabivarin (THCV) Cannabichromene (CBC) และ Cannabigerol (CBG) ซึ่งเชื่อว่าสารแคนนาบินอยด์เหล่านี้สามารถช่วยบรรเทาหรือเพิ่มผลทางชีวภาพได้บางส่วนเมื่อบริโภคเพื่อการบำบัดโรค ผลที่ได้รับอาจเกิดจากสารเหล่านั้นทำงานเองหรือทำงานร่วมกับ THC และ CBD

Tetrahydrocannabinol (THC) (รูปที่ 2.11) สาร THC ในขนาดที่เหมาะสม จะมีผลในการลดปวด ลดการเกร็งของ กล้ามเนื้อ ลดอาการคลื่นไส้ แต่หากได้รับในปริมาณที่สูงจะทำให้มีอาการเมาเคลิ้ม ใจสั่น หน้ามืด เห็นภาพหลอน รบกวนการรับรู้การตัดสินใจและความจำ นอกจากนี้การใช้สาร THC ปริมาณที่สูงอย่างสม่ำเสมอทำให้เกิดภาวะดื้อต่อสาร (tolerance) ทำให้ต้องมีการ เพิ่มขนาดเพื่อจะให้ได้ผลเท่าเดิมและเกิดการติดยาได้

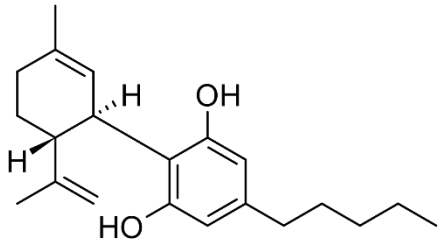


รูปที่ 2.11 Tetrahydrocannabinol (THC)

(ที่มา: https://en.wikipedia.org/wiki/Tetrahydrocannabinol)

Cannabidiol (CBD) (รูปที่ 2.12) สาร CBD เป็นสารที่มีฤทธิ์ต้านอาการเมาเคลิ้มและอาการทางจิตของ THC มีการศึกษาใช้สาร CBD เพื่อควบคุมอาการชักและอาการปวด สาร CBD ยังไม่พบว่าทำให้เกิดการดื้อหรือติด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 Cannabidiol (CBD)

(ที่มา: https://en.wikipedia.org/wiki/Cannabidiol)

สารแคนนาบินอยด์และเทอร์ปีนถูกผลิตขึ้นในต่อมเรซินของกัญชา ซึ่งเรียกว่า ขน ต่อมขนนี้จะอยู่บนผิวของทุกส่วนของต้นกัญชาทั้งต้น โดยพบว่าจะอยู่หนาแน่นที่สุดในช่อดอกของต้นกัญชาเพศเมีย

สารแคนนาบินอยด์ โดยส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปกรดที่ยังไม่ทำงาน ซึ่งสารชนิดนี้ที่มีฤทธิ์ทางยา (เช่น THC/CBD) จะถูกสร้างขึ้นก็ต่อเมื่อกัญชาได้รับความร้อนที่อุณหภูมิอย่างน้อย 180 องศาเซลเซียส ซึ่งจะส่งผลให้เกิดกระบวนการดีคาร์บอกซิเลชั่น เมื่อใช้เครื่องพ่นไอระเหยสารแคนนาบินอยด์ที่ออกฤทธิ์จะถูกปล่อยออกมาจากขนมีต่อมในรูปไอระเหยที่อุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถสูดเข้าปอดได้

2.3.2 สารประกอบกลุ่มเทอร์ปีน (มาติน, 2562)

สารประกอบหลักอีกประเภทหนึ่งในกัญชาคือสารเทอร์ปีน ซึ่งเป็นสารประกอบอะโรมาติกที่ทำให้กัญชาแต่ละพันธุ์ มีกลิ่นและรสแตกต่างกัน สารเทอร์ปีนอาจมีฤทธิ์บำบัดโรคเพิ่มเติม โดยสารเหล่านี้อาจทำงานร่วมกับสารแคนนาบินอยด์เพื่อเปลี่ยนหรือเพิ่มฤทธิ์ทางยา ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันเราพบสารเทอร์ปีนมากกว่า 120 ชนิดในกัญชา โดยสารเทอร์ปีนแตกต่างจากสารแคนนาบินอยด์เนื่องจากสารเทอร์ปีนหลักทั้งหมดที่พบในกัญชา (เช่น Myrcene, Alpha-Pinene และ Beta-Caryophyllene) สามารถพบได้ ในธรรมชาติเป็นจำนวนมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2..4 ไฮโดรโปนิกส์ (hydroponics)

2..4.1 ประวัติความเป็นมา (อาณัฐ, 2548)

เป็นคำที่มาจากภาษากรีก 2 คำ คือคำว่า hydro ซึ่งแปลว่าน้ำ และคำว่า ponos แปลว่า ทำงานหรือแรงงาน เมื่อรวมกันจึงมีความหมายว่าการทำงานที่เกี่ยวข้องกับน้ำ ประวัติความเป็นมาของการปลูกพืชโดยวิธีนี้นั้นเริ่มมาจากการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ธาตุอาหารต่างๆ ในการปลูกพืช ซึ่งมีมาตั้งแต่หลายพันปีก่อนสมัยของอริสโตเติล จากหลักฐานทางประวัติศาสตร์พบว่านักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้เขียนบันทึกต่างๆ ทางพฤกษศาสตร์ขึ้นและปรากฏอยู่จนทุกวันนี้ แต่การปลูกพืชตามหลักการทางวิทยาศาสตร์นั้นเริ่มขึ้นประมาณ 300 ปีมาแล้ว คือประมาณ ค.ศ. 1699 John Woodward นักพฤกษศาสตร์ชาวอังกฤษได้พยายามทำการทดลอง เพื่อหาคำตอบว่าอนุภาคของของแข็งและของเหลวที่อยู่ในดินมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างไร ต่อมาปี ค.ศ. 1860-1865 นักวิทยาศาสตร์ชื่อ Sachs และ Knop นับเป็นผู้ริเริ่มปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์ตามหลักการทางวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ โดยการปลูกพืชด้วยสารละลายเกลือ อนินทรีย์ต่างๆ เช่น โพแทสเซี่ยมฟอสเฟต โพแทสเซี่ยมไนเตรต ซึ่งให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซี่ยม แมกนีเซียม กำมะถัน แคลเซียม และเหล็ก ภายหลังมีการพัฒนาสูตรธาตุอาหารพืชเรื่อยมา จนถึงปี ค.ศ. 1920-1930 William F.Gericke แห่งมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย ประสบความสำเร็จในการปลูกมะเขือเทศในสารละลายธาตุอาหาร โดยพืชมีการเจริญเติบโตสมบูรณ์และให้ผลผลิตเร็ว นับเป็นจุดเริ่มต้นของการนำเทคนิคการปลูกพืชโดยวิธีนี้ไปประยุกต์ใช้เพื่อปลูกพืชเป็นการค้า และได้มีการพัฒนาเทคนิควิธีการและส่วนประกอบในสารละลายเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน

การปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์มีเทคนิคที่คิดค้นใหม่ๆ หลากหลายรูปแบบ มิได้จำกัดอยู่เฉพาะการปลูกพืชในน้ำ (water culture) เท่านั้น บางกรณีมีการใช้วัสดุปลูก (substrate) ทดแทนดินทั้งหมดและรดด้วยสารละลายธาตุอาหารพืช ซึ่งเรามักเรียกว่า ซับส์เทรต คัลเจอร์ (substrate culture) หรือมีเดีย คัลเจอร์ (media culture) หรือแอกกรีเกตไฮโดรโปนิกส์ (aggregate hydroponics) เทคนิคดังกล่าวนิยมเรียกว่า การปลูกโดยไม่ใช้ดิน หรือ การปลูกพืชไร้ดิน (soilless culture) ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่าเทคนิคการปลูกพืชในน้ำก็ดี หรือ การปลูกพืชด้วยวิธีไฮโดรโปนิกส์รูปแบบอื่นๆ ก็ดี บางครั้งก็อาจเรียกรวมๆ ว่า soilless culture แทนคำว่า hydroponics ก็ได้

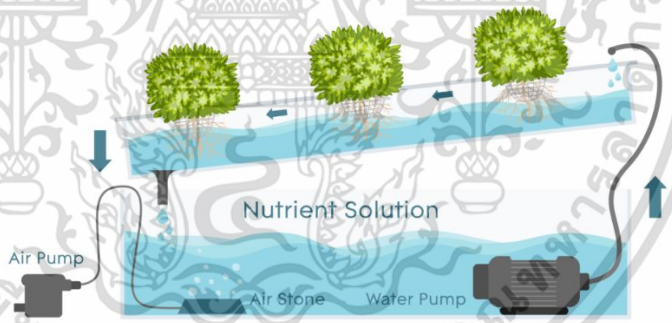
ไฮโดรโปนิกส์ มีประโยชน์หลักๆ 2 ประการด้วยกัน ประการแรกคือช่วยให้มีสิ่งแวดล้อมที่ควบคุมได้มากขึ้นสำหรับการเติบโตของพืช แทนที่จะเป็นการใช้ดินอย่างเดิม ทำให้กำจัดตัวแปรที่ไม่ทราบออกไปจากการทดลองได้จำนวนมาก ประการที่สองก็คือ พืชหลายชนิดจะให้ผลผลิตได้มากในเวลาที่น้อยกว่าเดิม และในบางครั้งก็มีคุณภาพที่ดีกว่าเดิมด้วย ซึ่งในสภาพแวดล้อมและสภาพการเศรษฐศาสตร์หนึ่งๆ การปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์จะให้ผลกำไรแก่เกษตรกรมากขึ้น และด้วยการปลูกที่ไม่ใช้ดินจึงทำให้พืชไม่มีโรคที่เกิดในดิน ไม่มีวัชพืช ไม่ต้องจัดการดิน และยังสามารถปลูกพืชใกล้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กันมากได้ ด้วยเหตุนี้พืชจึงให้ผลผลิตในปริมาณที่มากกว่าเดิมขณะที่ใช้พื้นที่จำกัด นอกจากนี้ยังมีการใช้น้ำน้อยมากเพราะมีการใช้ภาชนะ หรือระบบวนน้ำแบบปิด เพื่อหมุนเวียนน้ำ เมื่อเทียบกับการเกษตรแบบเดิมแล้ว นับว่าใช้น้ำเพียงส่วนน้อยนิดเท่านั้น ซึ่งประเภทของระบบไฮโดรโปนิกส์มีมากมาย เช่น

Nutrient Film Technique (NFT) (อาณัฐ, 2548)

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT (รูปที่ 2.13) ซึ่งจะเป็นการปลูกพืชโดยรากแช่อยู่ในสารละลายโดยตรง สารละลายธาตุอาหารจะไหลเป็นแผ่นฟิล์มบางๆ (หนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร) ในรางปลูกพืชกว้าง ตั้งแต่ 5-35 เซนติเมตร สูงประมาณ 5-10 เซนติเมตร ความกว้างรางขึ้นอยู่กับชนิดพืชที่ปลูก ความยาวของรางตั้งแต่ 5 - 20 เมตร การไหลของสารละลายอาจเป็นแบบต่อเนื่องหรือแบบสลับก็ได้โดยทั่วไปสารละลายจะไหลแบบต่อเนื่อง อัตราไหลอยู่ในช่วง 1-2 ลิตร/นาที/ราง รางอาจทำจากแผ่นพลาสติกสองหน้าขาวและดำหนา 80-200 ไมครอน หรือจาก PVC เป็นรางสำเร็จรูปทำจากโลหะ เช่น สังกะสีหรือ อะลูมิเนียม และบุภายในด้วยพลาสติกเพื่อป้องกันการกัดกร่อนของสารละลาย โดยจะมีปั๊มดูดสารละลายให้ไหลผ่านรางและรากพืชและเวียนกลับมายังถังเก็บสารละลาย



รูปที่ 2.13 NFT (Nutrient Film Technique)

(ที่มา: https://www.agrowtronics.com/different-hydroponics-systems-and-how-they-work/nutrient-film-technique/)

ข้อดีคือใช้น้ำน้อยกว่าระบบอื่น จะเป็นลักษณะรางขาว ก้นแบน น้ำจะไหลผ่านรากเป็นฟิล์มบางๆ ข้อเสีย คือ ราคาเริ่มต้นสูง และหากไฟฟ้าดับติดต่อกันเป็นเวลานาน จะทำให้ต้นไม้ตายพร้อมกันทั้งราง ต้องมีคนดูแลหรือมีปั๊มอัตโนมัติ และเป็นพื้นที่ที่ไฟฟ้าไม่ค่อยดับหรือดับแล้วติดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Deep Flow Technique (DFT) (อาณัฐ, 2548)

เทคนิคการปลูกพืชในน้ำลึกไหลล้น Deep Flow Technique (DFT) เป็นการปลูกพืชลงในภาชนะบรรจุน้ำที่มีความลึก 5-10 เซนติเมตร ภาชนะที่ใช้อาจเป็นกะบะ ราง หรือรูปทรงอื่นๆ โดยที่ด้านหนึ่งจะมีท่อน้ำไหลเข้าและที่ปลายอีกด้านหนึ่งมีท่อสำหรับน้ำไหลออก ตำแหน่งหรือความสูงของท่อน้ำออกที่เจาะไว้เป็นตัวกำหนดความลึกหรือความสูงของน้ำที่จะขังอยู่ในราง เมื่อน้ำไหลท่วมภาชนะจนสูงเกินกว่าท่อน้ำออก น้ำจะไหลล้นออกไปสู่ท่อน้ำออก และไหลสู่ระบบท่อน้ำไหลกลับเข้าสู่ถังพัก เมื่อตกลงสู่ถังพักจะเกิดฟองอากาศ อากาศจึงถูกเติมลงไปในน้ำโดยอัตโนมัติและน้ำก็จะถูกสูบกลับเข้าวนเวียนกลับเข้ามาในภาชนะอีกอยู่เช่นนี้ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ไหลวนของน้ำผ่านภาชนะที่รากพืชอาศัยอยู่โดยไม่ต้องมีการเป่าอากาศให้กับน้ำในภาชนะนั้นโดยตรงอีก

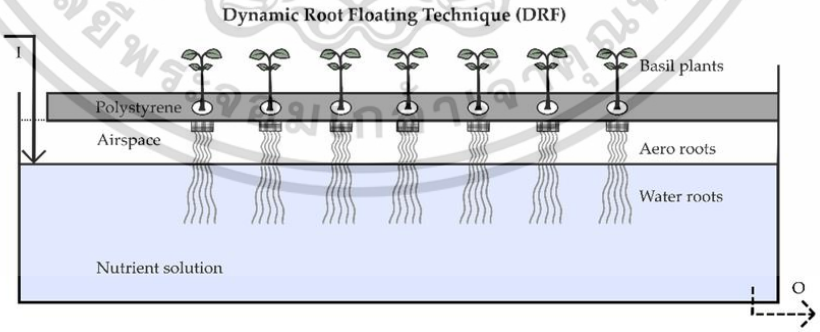
Dynamic Root Floating Technique (DRFT) (อาณัฐ, 2548)

Dynamic Root Floating Technique (DRFT) (รูปที่ 2.14) เป็นระบบที่พัฒนามาจากระบบ DFT และมีการพัฒนาให้เหมาะสมกับประเทศไทยโดยเพิ่มการไหลเวียนของอากาศและสารละลายธาตุอาหารพืชแต่ผู้ปลูกควรศึกษาหลักการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ระบบ DRFT ให้ดีเสียก่อน ลักษณะของระบบจะเป็นโรงเรือนขนาดเล็ก โดยทั่วไปมีขนาด 2×7 เมตร หลังคามุงด้วยพลาสติกใสป้องกันแสง UV ทำให้ทนต่อแสงแดด อายุการใช้งานนาน 2-3 ปี ด้านข้างเป็นมุ้งป้องกันแมลง ดังนั้นระบบน้ำจะเป็นระบบปิด เป็นระบบที่มีการปลูกแพร่หลายระบบหนึ่งในประเทศไทย ผักที่ปลูกได้ดีและนิยมปลูกได้แก่ ผักไทย เพราะมีระบบรากเยอะ องค์ประกอบของระบบ DRFT มีดังนี้

1. โรงเรือน เป็นรูปสี่เหลี่ยม ขนาดกว้าง 2.13 เมตร สูง 2.1 เมตร ยาว 7 เมตร ทำจากโครงเหล็กกลม หลังคาพลาสติกใสกันแสง UV ทำให้ใช้งานได้ยาวนาน มีหน้าที่กันฝนในหน้าฝน แต่จะมีปัญหาในหน้าร้อน จะทำให้ในโรงเรือนร้อนมาก ถ้ามีแสงมากเกินไปและอุณหภูมิสูงมาก ต้องมีการพรางแสงด้านบนด้วยตาข่ายพรางแสงสีดำ 50% หลังคาแผ่นพลาสติกใสทั่วไปหนา 100-120 ไมครอน ด้านข้างบุด้วยตาข่ายพลาสติกกันแมลงและลม
2. ถาดปลูกไฮโดรโปนิกส์ อาจทำจากโฟมขนาดกว้าง 2.01 เมตร ยาว 0.9 เมตร สูง 0.15 เมตร หรือใช้กระเบื้อง หรือวัสดุที่หาได้ง่ายทำเป็นรางแทนได้เพื่อประหยัดต้นทุน โดยขึ้นรูปเป็นร่องลูกฟูก ต้นผักจะวางอยู่ด้านบนของลูกฟูกนี้ ร่องด้านล่างลูกฟูกขนาดเล็กเป็นทางให้สารละลายไหลจำนวน 10 ร่อง ถาดปลูกผักไฮโดรโปนิกส์จะเรียงต่อกันตามความยาวและปูด้วยพลาสติกดำเพื่อเป็นรางปลูกผัก สารละลายจะไหลอยู่ในรางปลูก ส่วนต้นผักจะวางอยู่บนสันร่อง รากผักจะเจริญลงตามร่องทั้งสองข้าง
3. แผ่นปลูก เป็นแผ่นโฟมหรือแผ่นยาง แผ่นสมาร์ท บอร์ดก็ได้ที่หาได้ง่าย ราคาถูก นำมาเจาะรูจำนวน 80 รูเพื่อใช้ปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ แผ่นปลูกวางอยู่ด้านบนของถาดปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. อุปกรณ์ปรับระดับน้ำ เพื่อเป็นการเพิ่มช่องว่างระหว่างต้นผักและผิวน้ำ อุปกรณ์ปรับระดับสารละลายในถาดปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ ทำหน้าที่ปรับระดับความสูงของสารละลายในถาดปลูกผัก จะปรับตามอายุของผัก เมื่อผักไฮโดรโปนิกส์ต้นเล็กสารละลายจะสูงเพื่อให้แน่ใจว่ารากผักแช่อยู่ในน้ำ และเมื่อต้นผักโตขึ้นจะลดระดับสารละลายลง เพื่อให้เกิดช่องว่างอากาศระหว่างต้นผักและสารละลาย เพื่อเป็นการเพิ่มการละลายตัวของออกซิเจนในสารละลาย จะทำให้รากผักทำงานได้ดีขึ้น มีผลให้ผักโตเร็วขึ้น อุปกรณ์นี้จะอยู่ในถาดปลูกผักไฮโดรโปนิกส์และมีท่อ PVC สองชั้นเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร เมื่อต้องการลดระดับน้ำก็หมุนให้รูตรงกัน สารละลายส่วนใหญ่จะไหลผ่านรูนี้กลับสู่ถังสารละลายได้เร็วขึ้นระดับน้ำในถาดปลูกผักไฮโดรโปนิกส์จะลดลง ระดับสารละลายในถาดสามารถปรับได้ตั้งแต่ 1-8 เซนติเมตร
5. ปั๊มน้ำ เป็นปั๊มขนาดเล็กใช้ในตู้ปลาทั่วไป มีหน้าที่ทำให้เกิดการหมุนเวียนสารละลายในระบบปลูก โดยปั๊มจะปั๊มสารละลายจากถังสารละลายขึ้นไปในถาดปลูกผักไฮโดรโปรินกส์ สารละลายจะไหลผ่านร่องปลูกผ่านรากผัก และไหลกลับถังสารละลายทางอุปกรณ์ปรับระดับ
6. ถังสารละลาย มีหน้าที่เก็บและรองรับสารละลายที่ไหลในถาดปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ จากต้นราง และไหลกลับสู่ถังสารละลาย โดยระบบหมุนเวียนของสารละลายในระบบจะเริ่มจากปั๊มสารละลายจากถังเก็บสารละลาย และส่งผ่านไปยังท่อนำสารละลายลงในถาดปลูกผักไฮโดรโปรนิกส์ทางต้นราง และไหลไปตามร่องน้ำผ่านรากผักออกสู่ปลายราง ผ่านอุปกรณ์ปรับระดับน้ำและไหลกลับสู่ถังสารละลายอีกทีหนึ่ง ดังนั้น สารละลายจะไหลหมุนเวียนอยู่ในระบบ เป็นระบบปิด



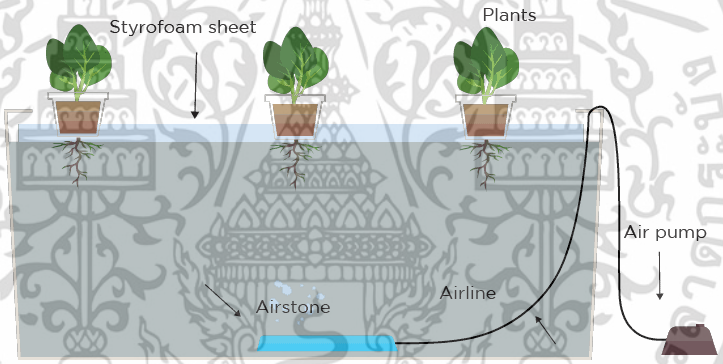
รูปที่ 2.14 DRFT (Dynamic Root Floating Technique)

(ที่มา: https://www.researchgate.net/figure/Schematic-illustration-of-the-dynamic-root-floating-system-DRF-with-air-space-of-5-cm_fig2_349638691)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับเจ้าของใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Deep water Culture (DWC) (อาณัฐ, 2548)

เทคนิคการปลูกพืชในน้ำนิ่งแบบต้องเติมอากาศ Deep water Culture (DWC) (รูปที่ 2.15) เป็นการปลูกพืชในภาชนะที่บรรจุน้ำที่มีความลึกตั้งแต่ 15 เซนติเมตร (สำหรับผักกินใบ) ขึ้นไป ขึ้นอยู่กับขนาดของต้นพืชและรากที่ปลูก รากพืชต้องแช่ตลอดเวลาอยู่ในสารละลายที่ไม่มีการหมุนเวียน วิธีการปลูกแบบนี้จึงต้องมีการเติมอากาศให้กับน้ำตลอดเวลา โดยใช้ปั๊มลม ขนาดของปั๊มอากาศขึ้นกับขนาดของภาชนะและปริมาณน้ำที่ใช้นั่นเอง โดยทั่วไปแล้วควรต้องเติมอากาศให้น้ำสารละลายมีปริมาณออกซิเจนอยู่ไม่น้อยกว่า 6-8 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงจะเหมาะสมสำหรับกับความต้องการของรากพืชโดยทั่วไป ปั๊มอากาศขนาด 45 w 220 v ความถี่ 50 Hz แรงดันอากาศประมาณ 0.06 Mpa พอสำหรับให้ออกซิเจนแก่โต๊ะปลูกขนาด 2.50 x 1.75 เมตร ความสูงของน้ำประมาณ 15 เซนติเมตร ซึ่งบรรจุน้ำปริมาตร 650 ลิตรต่อโต๊ะ



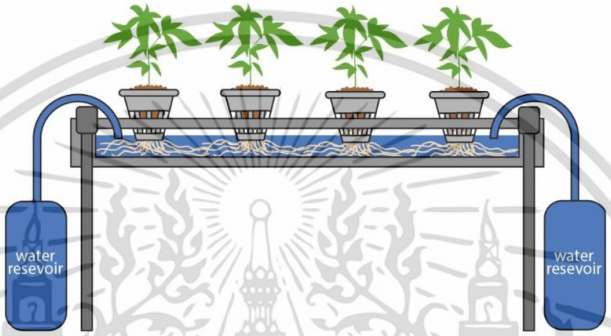
รูปที่ 2.15 Deep water Technique (DWT)

(ที่มา: https://www.trees.com/gardening-and-landscaping/deep-water-culture)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Shallow water culture (SWC) (อาณัฐ, 2548)

การเพาะเลี้ยงน้ำตื้น Shallow water culture (SWC) (รูปที่ 2.16) โดยพื้นฐานแล้วจะเหมือนกับการเพาะเลี้ยงน้ำลึก (DWC) แต่แทนที่จะปลูกในถังหรือภาชนะขนาดใหญ่ ระบบนี้ประกอบด้วยอ่างเก็บน้ำกว้างไม่เกิน 20-25 ซม. ซึ่งพืชจะได้รับกระแสน้ำคงที่ ของสารละลายธาตุอาหาร SWC ถือว่ามีประสิทธิภาพมากกว่าในแง่ของพื้นที่ อย่างไรก็ตาม โดยปกติแล้วจะใช้สำหรับโคลนเท่านั้น เนื่องจากเป็นการยากมากที่จะรักษาระดับpH ที่ถูกต้องเนื่องจากสารละลายธาตุอาหารและน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ต้องได้รับการตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง



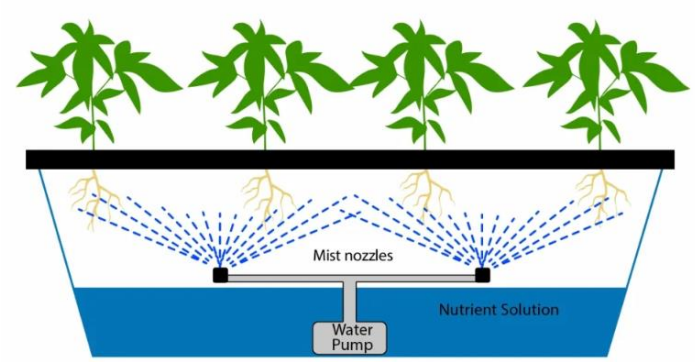
รูปที่ 2.16 Shallow water culture (SWC)

(ที่มา: https://home420-th.com/site/blog/grow-auto-hydroponic/)

Aeroponics (อาณัฐ, 2548)

การปลูกพืชระบบรากแขวนอยู่ในอากาศ หรือ แอโรโปนิกส์ (รูปที่ 2.17) หมายถึง การปลูกพืชโดยที่ให้รากของพืชแขวนอยู่ในอากาศ หลักการของระบบนี้ คือ เป็นการปลูกพืช โดยที่ส่วนของรากนั้นลอยอยู่ในอากาศ แล้วจ่ายสารละลายธาตุอาหาร (nutrient solution) ให้แก่พืชโดยวิธีฉีดพ่นสารละลายเป็นฝอย (mist) หรือหมอก (aerosol) ไปที่รากพืชโดยตรงอย่างต่อเนื่อง หรือฉีดพ่นเป็นระยะๆ และสารละลายที่เหลือก็จะไหลไปรวมกันที่ถังพัก เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ปลูกพืชในระบบรากแขวนอาจมีได้หลายรูปแบบ เช่น แบบกล่องสี่เหลี่ยม แบบกระโจมสามเหลี่ยม เป็นต้น วิธีการปลูกพืชแบบนี้เป็นวิธีที่ไม่ต้องเติมออกซิเจน (oxygen) หรืออากาศลงไปในสารละลายธาตุอาหาร รากของพืชนั้นจะได้รับออกซิเจนอย่างเพียงพอตลอดเวลา จึงทำให้รากของพืชที่ปลูกด้วยวิธีนี้นั้นมีการเจริญเติบโต และมีการแตกแขนงอย่างรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

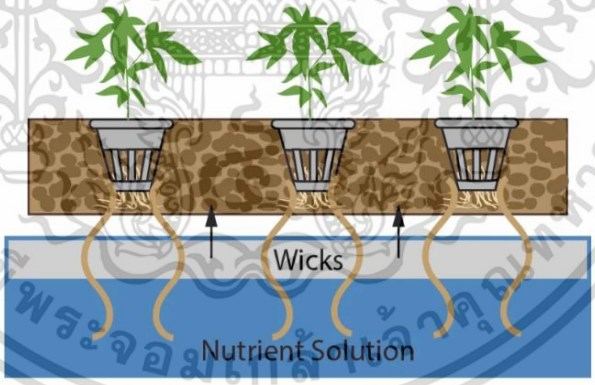


รูปที่ 2.17 Aeroponics

(ที่มา: https://home420-th.com/site/blog/grow-auto-hydroponic/)

Wick system (อาณัฐ, 2548)

ในบรรดาวิธีการปลูกพืชไร้ดินทั้งหมด วิธี Wick system (รูปที่ 2.18) เป็นวิธีที่ง่ายและประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด โดยเป็นวิธีที่พืชและอ่างเก็บน้ำของสารละลายธาตุอาหารเชื่อมต่อกันด้วยไส้ตะเกียง ซึ่งจะค่อยๆ ป้อนอาหารให้แก่พืช เมื่อเวลาผ่านไปวัสดุดูดซับ เช่น ฝ้าย (เป็นสื่อที่ใช้กันทั่วไปมากที่สุด) จะค่อยๆ ดูดสารละลายน้ำหรือสารอาหารไปยังพืช



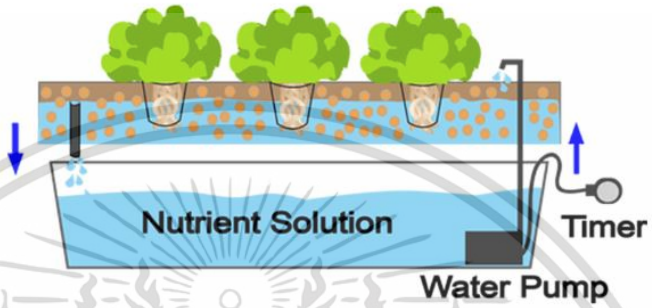
รูปที่ 2.18 Wick system

(ที่มา: https://home420-th.com/site/blog/grow-auto-hydroponic/)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ebb & Flow (Flood & Drain) (อาณัฐ, 2548)

Ebb & Flow (รูปที่ 2.19) เทคนิคนี้เรียกอีกอย่างว่าระบบน้ำท่วมและระบาย จะเป็นการใช้ปั๊มดูดน้ำหรือสารอาหารขึ้นมาขังในกระบะปลูกจนเกือบเต็มและปล่อยน้ำออกจนหมด ทำซ้ำแบบนี้ไปเรื่อยๆ ซึ่งจะช่วยให้ส่วนรากของพืชสามารถดูดสารอาหารเมื่อขังน้ำไว้สลับกับการสัมผัสออกซิเจนเมื่อถูกระบายออก

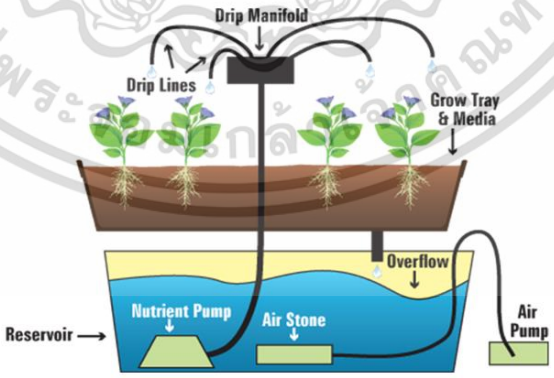


รูปที่ 2.19 Ebb & Flow (Flood & Drain)

(ที่มา: https://www.growshopthailand.com/article/2/%)

Drip Irrigation (อาณัฐ, 2548)

ระบบน้ำหยด (Drip Irrigation) (รูปที่ 2.20) โดยในระบบจะมีถังน้ำผสมสารอาหารอยู่ด้านล่าง แล้วใช้ปั๊มสูบน้ำขึ้นไปหยดใส่โคนต้นไม้แต่ละต้นตามความต้องการที่เหมาะสมของพืชแต่ละชนิด โดยจะมีการระบายน้ำออกจากรางปลูกเสมอ



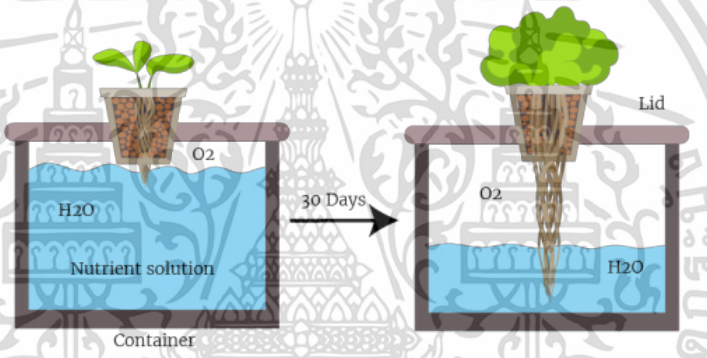
รูปที่ 2.20 Drip Irrigation

(ที่มา: https://www.growshopthailand.com/article/2/%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Kratky Method (Kratky, 2009)

เป็นการปลูกผักไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำนิ่งที่หลายคนชอบปลูกกัน เพราะระบบนี้ใช้ต้นทุนน้อย ไม่ต้องลงทุนเรื่องปั๊ม ไม่ต้องเสียค่าไฟ เหมาะสำหรับใครที่ต้องการเริ่มต้นทดลองปลูกผักไฮโดรโปนิกส์ การปลูกวิธีนี้ คิดค้นโดย B.A. Kratky จากมหาวิทยาลัยฮาวาย โดยการใช้รูปแบบของ Deep Water Culture แต่ตัดอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าออกไป นั่นก็คือปั๊มออกซิเจนนั่นเอง แต่โดยปกติแล้วปัจจัยหนึ่งที่ช่วยให้พืชเจริญเติมโตได้ดีนั้นคือออกซิเจน ความชื้นและแสง ซึ่งในระบบ Kratky (รูปที่ 2.21) นั้น ออกซิเจนในน้ำจะค่อนข้างน้อย ซึ่งเป็นปัญหาหลักที่หลายคนที่ปลูกผักน้ำนิ่งเจอ เช่นน้ำเน่าหรือพืชที่ปลูกโตช้า เนื่องจากไม่มีการเติมอากาศเข้าไป ระบบนี้แก้ไขเรื่องนี้โดยการไม่เติมน้ำระหว่างการปลูก ระดับน้ำในถังก็จะลดลงเรื่อยๆตามที่พืชได้ดูดซับไป น้ำที่ลดลงทำให้มีช่องระหว่างน้ำกับรากของพืช ช่องว่างนี้แหละคือส่วนสำคัญของระบบที่จะทำให้พืชได้หายใจ รากอากาศจะถูกผลิตขึ้นมา ทำให้พืชสามารถดูดออกซิเจนได้มากขึ้น



รูปที่ 2.21 The Kratky Method

(ที่มา: http://www.h2ohydrogarden.com/%E0%B8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุดารัตน์ สุตพันธ์ (1999) ศึกษาผลของ IBA NAA IBA+NAA และชนิดของกิ่งต่อการเกิดรากของกิ่งปักชำฝรั่งพันธุ์แป้นสีทอง โดยทดลองปักชำกิ่งฝรั่งพันธุ์แป้นสีทองด้วยการให้สารเร่งราก IBA NAA และ IBA ผสม NAA ที่ระดับความเข้มข้น 0 2000 3000 4000 และ 5000 ppm กับกิ่งกึ่งอ่อน กึ่งแก่และกิ่งแก่ พบว่าในกิ่งกึ่งอ่อนกึ่งแก่ IBA ที่ความเข้มข้น 3000 ppm ให้จำนวนรากมากที่สุด คือ 24.8 ราก ส่วนกิ่งแก่ NAA ความเข้มข้น 2000 ppm ให้จำนวนรากมากที่สุด คือ 22 ราก

นพดล หงษ์สุวรรณและคณะ (2565) ศึกษาภูมิปัญญาการวิเคราะห์คุณลักษณะภายนอกเพื่อบ่งชี้เพศของต้นกัญชาในพื้นที่เขตจังหวัดสกลนคร เป็นการศึกษาการวิเคราะห์คุณลักษณะภายนอกเพื่อบ่งชี้เพศของกัญชาเพศผู้ เพศเมียและกะเทย โดยเก็บข้อมูลด้วยวิธีการสัมภาษณ์บุคคลที่มีองค์ความรู้ในการปลูกกัญชา ซึ่งการแบ่งแยกเพศของต้นกัญชาสารมารถแยกได้ตั้งแต่เมล็ดพันธุ์ การดูความยาวของรากที่งอกออกจากเมล็ด การดูองศาลักษณะการชี้ของใบจริงคู่แรก ลักษณะเขี้ยวใบ ลักษณะบริเวณโคนก้านใบและช่อดอกที่โตเต็มที่ของกัญชา

Gillani, et al. (2023) เปรียบเทียบการปลูกผักกากหอมในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ Nutrient film technique และ Deep water culture ในด้านการใช้พลังงาน โดยเมื่อเปรียบเทียบกันพบว่าระบบ ไฮโดรโปนิกส์แบบ Nutrient film technique ดีกว่าระบบ Deep water culture อยู่ 2 ปัจจัย ปัจจัยแรกคือ การไหลเวียนของอาหารในระบบที่ดีกว่า และปัจจัยที่สองคือ การใช้พลังงานที่น้อยกว่า

Typek, et al. (2023) การวิเคราะห์โครมาโตกราฟฟีของ CBD และ THC หลังจากการ acylation ด้วยการปิดกั้นการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบ โดยใช้สภาวะ GC-MS ในการวิเคราะห์สาร CBD และ THC ดังนี้ ใช้ capillary column: Zebron ZB5-MSi ใช้แก๊สฮีเลียมเป็นแก๊สตัวพา อัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิในการฉีด 310 องศาเซลเซียส ปริมาณในการฉีด 1 ไมโครลิตร Temperature program เริ่มต้นที่ 60 องศาเซลเซียส 3 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิถึง 310 องศาเซลเซียส ในอัตรา 12 องศาเซลเซียสต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที Mass spectrometer ทำงานด้วยพลังงาน 70 eV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Saloner, et al. (2021) ศึกษาปริมาณไนโตรเจนส่งผลต่อปริมาณของแคนนาบินอยด์และเทอร์พีนอยด์ในกัญชาทางการแพทย์ โดยวิเคราะห์สารในกลุ่มเทอร์ปีนในกัญชาโดยใช้ GC-MSD ซึ่งเจอสารกลุ่มเทอร์ปีน 24 ชนิด มีกลุ่มที่เป็นมอนอเทอร์ปีนและเซสควิเทอร์ปีน โดยกลุ่มที่เป็นมอนอเทอร์ปีน มี α-pinene, β-pinene, myrcene, ipsdienol, limonene, δ-2-carene, linalool, fenchol, (E)-β-ocimene, borneol, terpinen-4-ol และ α-terpineol ส่วนกลุ่มที่เป็นเซสควิเทอร์ปีน มี (E)-α-bergamotene, α-cubebene, 5-epi-7- epi-α-eudesmol, β-selinene, selina-3,7(11)-diene, α+β-eudesmol, 10-epi-γ-eudesmol, eremoligenol or γ-eudesmol, guaiol, α-humulene, α-bulnesene และ α-guaiene

Kratky (2009) ศึกษาการปลูกผักกาดหอมในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบหมุนเวียน 3 วิธี โดยเป็นการปลูกผักกาดหอมในขวดพลาสติกสีเข้มขนาด 4 ลิตร ที่มีสารละลายธาตุอาหารอยู่ เมื่อพืชเจริญเติบโตขึ้น ระดับสารละลายอาหารก็จะลดลง ทำให้ภายในขวดมีพื้นที่อากาศมากขึ้น ซึ่งรากที่อยู่เหนือสารละลายอาหาร เรียกว่า รากออกซิเจน ทำหน้าที่ดูดออกซิเจนในอากาศ ซึ่งในการปลูกแบบนี้ระดับสารละลายอาหารอาจจะคงเดิมหรือลดลงได้ แต่ไม่ควรเพิ่มขึ้น เนื่องจากการแช่รากออกซิเจนจะทำให้พืชจมน้ำ และผักกาดหอมสามารถเก็บเกี่ยวได้ประมาณ 6-7 สัปดาห์ หลังเพาะเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 เครื่องแก้ว

1. ขวดเพาะเลี้ยงขนาด 500 มิลลิลิตร
2. ขวดสีชาขนาด 2,000 และ 4,000 มิลลิลิตร
3. กระบอกตวง

3.1.2 อุปกรณ์อื่นๆ

1. เครื่องชั่ง ทศนิยม 3 ตำแหน่ง
2. เครื่องวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH Meter)
3. เครื่องวัดความแสง (Light Meter)
4. เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (EC Meter)
5. เครื่องวัดไนเตรต (Nitrate Meter)
6. เครื่องวัดพื้นที่ใบ
7. เครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (Rotary Evaporator)
8. เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1. อาหารเพาะเลี้ยง สูตร Gamborg B-5 basal และ Murashige and skoog

2. น้ำกลั่น

3. สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 1 N (Hydrochloric, HCl)

4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 และ 2 N (Sodium hydroxide, NaOH)

5. สารโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟส (KH_2PO_4)

3.3 พันธ์พืช

เมล็ดกัญชา (*Cannabis indica*) สายพันธุ์หางกระรอก ซื้อจาดกบริษัท เอพิลแฟรี่ (ดูใบรับรองได้ที่ภาคผนวก ซ)

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การเพาะเมล็ดกัญชา

นำเมล็ดของต้นกัญชามาจำนวน 50 เมล็ด เตรียมถาดและนำกระดาษทิชชู่มาวางบนถาด จากนั้นนำเมล็ดต้นกัญชามาจัดเรียงวางบนกระดาษทิชชู่ โดยแต่ละเมล็ดเว้นระยะห่างประมาณ 1 เซนติเมตร เมื่อจัดเรียงเสร็จแล้วให้นำน้ำมาพรมให้ชุ่มกระดาษทิชชู่ จากนั้นนำเข้าตู้เย็นช่องธรรมดาเป็นระยะเวลา 1 วัน เมื่อรากเริ่มงอกออกมาจากเมล็ด ให้นำเมล็ดกัญชาใส่ลงในฟองน้ำสำหรับปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ โดยระมัดระวังไม่ให้รากของกัญชาหักหรือขาด นำฟองน้ำที่ใส่เมล็ดกัญชาแล้วไปใส่ในถาดและเติมน้ำให้สูงพอดีกับฟองน้ำ จากนั้นนำไปวางไว้ใต้แสงไฟ 1-2 วัน จะได้ต้นกัญชาสูงประมาณ 2-4 เซนติเมตร พร้อมนำไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 การศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของกัญชาในอาหาร 1/10, 1/20 และ 1/30 B5 (Gamborg B-5 basal) ภาชนะโปร่งแสงขนาด 500 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky Method) ระยะเวลา 30 วัน

นำต้นกัญชาที่ได้จากข้อ 3.4.1 อายุต้น 4 วัน ย้ายลงในอาหาร 1/10, 1/20 และ 1/30 B5 ในภาชนะโปร่งแสงขนาด 500 มิลลิลิตร ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ โดยปริมาณอาหาร B5 ที่ต้องใส่ในอาหารความเข้มข้นต่างๆ แสดงตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ปริมาณอาหาร B5 ที่ต้องใส่ในอาหารความเข้มข้น 1/10, 1/20 และ 1/30

ความเข้มข้นของอาหาร B5	ปริมาณอาหาร B5 (กรัมต่อลิตร)
1/10	0.321
1/20	0.161
1/30	0.107

ทำการเพาะเลี้ยงในห้องเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 30 วัน เปลี่ยนอาหารเมื่อเลี้ยงไปได้ 15 วัน โดยเปลี่ยนอาหาร B5 ให้มีความเข้มข้นเท่าเดิม คือ 1/10, 1/20 และ 1/30 บันทึกผลในวันที่ 15 และวันที่ 30 โดยบันทึกความสูงของต้นกัญชาในหน่วยเซนติเมตรและน้ำหนักสดทั้งต้นในหน่วยกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 การศึกษาการเจริณเติบโตของต้นกัญชาในอาหาร B5 ที่ความเข้มข้น 1/10 ภาชนะทึบแสงขนาด 4,000 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky Method) ระยะเวลา 70 วัน

นำต้นกัญชาที่ได้จากข้อ 3.4.1 อายุต้น 4 วัน ย้ายลงในอาหารเหลวสูตร B5 ที่ความเข้มข้น 1/10 โดยจะเพาะเลี้ยงต้นกัญชาในขนาดภาชนะ 500 มิลลิลิตรก่อน 15 วัน เพื่อให้ต้นกัญชามีขนาดของรากยาวและเหมาะสมที่จะใส่ในภาชนะขนาด 4,000 มิลลิลิตร เมื่อครบ 15 วัน บันทึกผลความสูงหน่วยเซนติเมตร วัดค่า EC และปริมาณไนเตรตในอาหาร B5 จากนั้นย้ายต้นกัญชาลงในภาชนะขนาด 4,000 มิลลิลิตร ที่มีอาหาร B5 ที่ความเข้มข้น 1/10 ทำการเพาะเลี้ยงในห้องเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 70 วัน ทำทั้งหมด 3 ซ้ำ เติมอาหาร B5 ที่ความเข้มข้น 1/10 ทุกๆ 7 วัน โดยเติมให้เต็มภาชนะ ในวันที่ 56 ได้ทำการเติมอาหาร B5 ความเข้มข้น 1/2 และเติมสารโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟส (KH_2PO_4) 0.13 กรัมต่อลิตร ในวันที่ 62 ได้ทำการเติมอาหาร B5 เต็มสูตร (3.21 กรัมต่อลิตร) บันทึกผลในวันที่ 15 41 49 56 62 และ 70 โดยบันทึกความสูงหน่วยเซนติเมตร วัดค่า EC และปริมาณไนเตรตในอาหาร B5

3.4.4 การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในอาหาร 1/20 B5 ในภาชนะโปร่งแสงเปรียบเทียบกับการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในภาชนะทึบแสงขนาด 500 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky Method) ระยะเวลา 30 วัน

นำต้นกัญชาจากข้อ 3.4.2 อายุต้น 35 วัน มาทำการทดลองต่อในการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในอาหาร B5 ความเข้มข้น 1/20 ในภาชนะโปร่งแสงและทึบแสงขนาด 500 มิลลิลิตร ก่อนทำการทดลอง บันทึกความสูงหน่วยเซนติเมตรและชั่งน้ำหนักทั้งต้นหน่วยกรัม จากนั้นย้ายต้นกัญชามาใส่ในอาหาร B5 ความเข้มข้น 1/20 ในภาชนะโปร่งแสงและทึบแสงขนาด 500 มิลลิลิตร ภาชนะทึบแสงทำได้โดยการนำกระดาษฟอยล์มาห่อขวดขนาด 500 มิลลิลิตรให้รอบขวด ปิดมิดชิดไม่ให้มีแสงผ่าน ทำการเพาะเลี้ยงในห้องเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 30 วัน ทำทั้งหมด 3 ซ้ำ เปลี่ยนอาหารเมื่อผ่านไป 15 วัน เปลี่ยนอาหาร B5 ที่ความเข้มข้นเดิม คือ 1/20 บันทึกผล 2 ครั้งในวันที่ 15 และ 30 โดยบันทึกผลความสูงหน่วยเซนติเมตร ชั่งน้ำหนักสดทั้งต้นหน่วยกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.5 การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในอาหาร B5 ที่ความเข้มข้น 1/20 ในภาชนะขนาด 4,000 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตในภาชนะขนาด 8,000 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky Method) ระยะเวลา 60 วัน

นำต้นกัญชาจากข้อ 3.4.4 อายุต้น 65 วัน มาทำการทดลองต่อในการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในอาหาร B5 ที่ความเข้มข้น 1/20 ในภาชนะขนาด 4,000 และ 8,000 มิลลิลิตร ก่อนทำการทดลอง บันทึกความสูงหน่วยเซนติเมตรและชั่งน้ำหนักสดทั้งต้นหน่วยกรัม จากนั้นย้ายต้นกัญชามาใส่ในอาหาร B5 ความเข้มข้น 1/20 ในภาชนะขนาด 4,000 และ 8,000 มิลลิลิตร แต่ละภาชนะทำ 3 ซ้ำ ทำการเพาะเลี้ยงในห้องเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน เป็นเวลา 60 วัน ทำการเติมอาหารทั้งภาชนะ 4,000 และ 8,000 มิลลิลิตร ทุกๆ 7 วัน โดยเติมอาหาร B5 ที่ความเข้มข้นเดิม คือ 1/20 ทำการเติมให้เต็มภาชนะ บันทึกผลทุกๆ 15 วัน บันทึกความสูงหน่วยเซนติเมตร ชั่งน้ำหนักทั้งต้นหน่วยกรัม และวัดค่า EC ในอาหาร B5 นำน้ำหนักสดทั้งต้นของต้นกัญชาในภาชนะ 4,000 และ 8,000 มิลลิลิตร มาคำนวณหาค่า Growth index ดังสมการที่ 1

$$\text{Growth index} = \frac{\text{น้ำหนักสดทั้งต้นสุดท้าย} - \text{น้ำหนักสดทั้งต้นเริ่มต้น}}{\text{น้ำหนักสดทั้งต้นเริ่มต้น}} \quad \text{----- (สมการที่ 1)}$$

3.4.6 การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในอาหารสูตร 1/20 B5 (Gamborg B-5 basal medium) เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในอาหารสูตร 1/20 MS (Murasiige and Skoog, 1962) ในภาชนะแบบทึบแสงขนาด 500 มิลลิลิตร และเลี้ยงต่อขนาด 2500 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky Method) ระยะเวลา 112 วัน

นำต้นกัญชาที่ได้จากการเพาะเมล็ด (จากข้อ 3.4.1) ย้ายลงอาหารสูตร B5 และอาหารสูตร MS ความเข้มข้น 1/20 ในภาชนะทึบแสงขนาด 500 มิลลิลิตร ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky Method) ทำการเพาะเลี้ยงภายใต้ความเข้มแสง PPFD 70 $\mu mol/m^2/s$ ให้แสง 24 ชั่วโมง/วัน โดยเติมอาหารที่ความเข้มข้นเท่าเดิมทุกๆ 7 บันทึกผลทุกๆ 7 วัน โดยบันทึกความสูงของต้นกัญชาในหน่วยเซนติเมตรและพื้นที่ใบในหน่วยตารางเซนติเมตร เมื่อการเพาะเลี้ยงต้นกัญชาอายุครบ 35 วัน ทำการย้ายต้นกัญชาเลี้ยงต่อในอาหารสูตร B5 และอาหารสูตร MS ความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้มข้น 1/20 ในภาชนะทึบแสงขนาด 2500 มิลลิลิตร ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ ทำการเลี้ยงภายใต้ความเข้มแสง PPFD 70 µmol/m^2/s ให้แสง 24 ชั่วโมง/วัน เริ่มเก็บผลตอนต้นกัญชาอายุ 56 วัน และบันทึกผลจนอายุต้นครบ 112 วัน โดยเติมอาหารที่ความเข้มข้นเท่าเดิม ทุกๆ 7 วัน บันทึกความสูงของต้นกัญชาในหน่วยเซนติเมตรและพื้นที่ใบในหน่วยตารางเซนติเมตร

3.4.7 การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT (nutrient film technique) ที่มีระบบให้แสง 3 ชั้น ในอาหารสูตร 1/20 MS (Murasiige and Skoog, 1962)

นำต้นกัญชาที่ได้จากการเพาะเมล็ด (จากข้อ 3.4.1) ย้ายลงระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT ที่มีระบบให้แสง 3 ชั้น ระบบให้แสงชั้นที่ 1 ให้แสงสีขาวจากหลอดไฟ LED ที่ความเข้มแสง (PPFD) 70 µmol/m^2/s เป็นเวลา 24 ชั่วโมง/วัน เพื่อใช้ในการเจริญของต้นอ่อนที่เพิ่งงอกออกจากเมล็ด ในระบบให้แสงชั้นที่ 2 ให้แสงสีขาวจากหลอดไฟ LED ที่ความเข้มแสง (PPFD) 70 µmol/m^2/s เป็นเวลา 24 ชั่วโมง/วัน เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของต้นกัญชา ที่เจริญผ่านชั้นที่ 1 ขึ้นมา ในระบบแสงชั้นที่ 3 ให้แสงสีผสมระหว่างสีแดงและสีน้ำเงินจากหลอดไฟ LED ที่มีความเข้มแสง (PPFD) 70 µmol/m^2/s เป็นเวลา 12 ชั่วโมง/วัน เพื่อชักนำให้ต้นกัญชานั้นออกดอก เลี้ยงในอาหารสูตร 1/20 MS เป็นเวลา 90 วัน เติมอาหารสูตร 1/20 MS ในถังอาหารขนาด 40 ลิตร ทุกๆ 7 วัน บันทึกผลในวันที่ 1 7 14 21 28 35 39 45 55 62 69 76 81 และ 88 โดยบันทึกความสูงของต้นกัญชาในหน่วยเซนติเมตรและพื้นที่ใบในหน่วยตารางเซนติเมตร และบันทึกลักษณะการเปลี่ยนแปลงของลักษณะใบของต้นกัญชาโดยบันทึกในวันที่เริ่มเห็นการเปลี่ยนแปลงจำนวนแฉก

3.4.8 การศึกษาการขยายพันธุ์ต้นกัญชาด้วยวิธีการปักชำ โดยชักนำให้เกิดราก ด้วยฮอร์โมนออกซิน NAA และระยะเวลาการแช่กิ่งปักชำในฮอร์โมนออกซิน NAA

นำกิ่งที่ได้จากการเลี้ยงในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT ที่มีระบบให้แสง 3 ชั้น (ข้อ 3.4.7) มีความยาว 12 เซนติเมตร ทำการตัดปลายใบเพื่อลดอัตราการคลายน้ำ นำมาชักนำให้เกิดรากด้วยฮอร์โมนออกซิน NAA โดย โดยแช่กิ่งในฮอร์โมน NAA เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ในฮอร์โมน 4 ความเข้มข้น 0, 0.1, 1, 10 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ปริมาณ 200 มิลลิลิตร ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ และแช่กิ่งในฮอร์โมน NAA เป็นเวลา 72 ชั่ว ในฮอร์โมน 4 ความเข้มข้น 0, 0.1, 1, 10 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณ 200 มิลลิลิตร ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ เมื่อแช่กิ่งของกัญชาครบเวลาที่กำหนดจึงนำไปเลี้ยงต่อในน้ำกรอง ในภาชนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาด 500 มิลลิลิตร บันทึกผลการเปลี่ยนแปลงจำนวนของราก และ %การเกิดราก เมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน โดยคำนวณหาค่า % การเกิดราก ดังสมการที่ 2

$$\% \text{ การเกิดราก} = \frac{\text{จำนวนกิ่งทีเกิดราก}}{\text{จำนวนกิ่งทั้งหมด}} \times 100 \text{ ----- (สมการที่ 2)}$$

3.4.9 การศึกษาการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นกัญชาระหว่าง ระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT (nutrient film technique) และระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The kratky method) ในอาหารสูตร 1/20 MS (Murasiige and Skoog, 1962)

นำข้อมูลจากการทดลองที่ 3.4.6 และการทดองที่ 3.4.7 นำข้อมูลการเจริญเติบโตพื้นที่ใบและความสูง และนำมาเขียนกราฟแสดงการเปรียบเทียบการเจริญโตของต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky method) เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นกัณชาในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT (nutrient film technique) ที่มีระบบให้แสง 3 ชั้น

3.4.10 การศึกษาการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในระบบไฮโดโปนิกส์แบบ NFT (nutrient film technique) ไฟ LED แสงสีขาวความเข้มแสง PPFD 70 µmol/m^2/s และ ไฟ LED แสงสีน้ำเงิน PPFD 60 µmol/m^2/s ในอาหาร 1/20 MS (Murasiige and Skoog, 1962)

นำต้นกัญชาที่ได้จากการเพาะเมล็ด (ข้อ 3.4.1) ย้ายลงระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT ที่มีการให้แสงสีน้ำเงิน ความเข้มแสง PPFD 60 µmol/m2/s จำนวน 10 ซ้ำ และเลี้ยงระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT ที่มีการให้แสงสีขาว ความเข้มแสง PPFD 70 µmol/m^2/s จำนวน 10 ซ้ำ ให้แสงเป็นเวลา 24 ชั่วโมง/วัน ในอาหารสูตร 1/20 MS เติมอาหาร 1/20 MS ในถัง 40 ลิตร ทุกๆ 7 วัน บันทึกผลในวันที่ 7 14 21 28 และ 35 บันทึกความสูงของต้นกัญชาในหน่วยเซนติเมตรและพื้นที่ใบในหน่วยตารางเซนติเมตร และนำผลการเจริญเติบโตของต้นกัญชาที่เลี้ยงในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT แสงไฟสีน้ำเงินและแสงสีขาวมาเปรียบเทียบกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.11 การศึกษาองค์ประกอบส่วนต่างๆของต้นกัญชาผ่านกล้องจุลทรรศน์

นำส่วนประกอบของต้นกัญชาจากการทดลอง ที่ 3.4.6 ที่มีอายุ 120 วัน นำส่วนช่อดอกเพศผู้ ดอกเพศผู้ ช่อดอกเพศเมีย ดอกเพศเมีย ดอกกระเทย อับเรนู ละอองเรนู เกศรเพศเมีย รังไข่เพศเมีย หน้าใบ และหลังใบ มาศึกษาลักษณะภายนอกของต้นกัญชาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด

3.4.12 การศึกษาสาร CBD (Cannabinoid) และ THC (Tetrahydrocannabinol) ของกัญชาในส่วนใบ รากและก้านด้วย GC-MS

3.4.12.1 วิธีการสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย

การสกัดใบ รากและก้านกัญชานั้นจะใช้วิธีเหมือนกัน คือ นำใบ ราก และก้านกัญชาประมาณ 5 กรัม นำมาใส่ในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร และเติมสารละลายเอทานอล 70% ให้ท่วมใบ ราก และก้านกัญชา จากนั้นนำไปปั่นให้ละเอียด ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที กรองเอาแต่สารสกัดออกมาและนำเศษใบ รากและก้านทิ้ง นำสารสกัดเข้าเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (Rotary Evaporator) ระเหยจนได้สารสกัดปริมาตรประมาณ 2-3 มิลลิลิตร นำสารสกัดไปปั่นเหวี่ยง 30 วินาที จากนั้นดูดส่วนใสไปวิเคราะห์สาร CBD และ THC โดยใช้เทคนิค Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) ที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.4.12.2 การวิเคราะห์ GC-MS ของ CBD และ THC

ใช้ Gas Chromatography ในการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีควบคู่ไปกับ Mass Spectrometry โดยใช้สภาวะในการวิเคราะห์ดังนี้ ตั้งค่าอุณหภูมิในการฉีดเท่ากับ 250 องศาเซลเซียส ใช้ฮีเลียมป็นแก๊สตัวพา ใช้ capillary column ZB-5MS (ผสมระหว่างสารมีขั้วและไม่มีขั้ว) Solvent delay 3 นาที สำหรับสภาวะของตู้ให้ความร้อน (oven) เริ่มต้นที่ 80 องศาเซลเซียส 3 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิถึง 150 องศาเซลเซียส 10 นาที และเพิ่มอุณหภูมิครั้งสุดท้ายไปจนถึง 250 องศาเซลเซียส ค้างไว้ 12 นาที Mass Spectrometer ทำงานด้วยพลังงานอิเล็กตรอน 70 eV The total ion current (TIC) เท่ากับ 30-500 m/z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.13 การศึกษาสารให้กลิ่นกลุ่มเทอร์ปีน (Terpene) ในสารสกัดจากเปลือกลำต้นกัญชาด้วย GC-MS

3.4.13.1 การสกัดโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลาย

นำเปลือกลำต้นกัญชาประมาณ 5 กรัม ใส่บีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมสารละลายเอทานอล 70% ให้ท่วม จากนั้นนำไปปั่นให้ละเอียด ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที กรองเอาแต่สารสกัดออกมา ดูดส่วนใสไปวิเคราะห์สารให้กลิ่นกลุ่มเทอร์ปีน (Terpene) โดยใช้เทคนิค Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) ที่ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.4.13.2 การวิเคราะห์ GC-MS ของสารให้กลิ่นกลุ่มเทอร์ปีน

ใช้ Gas Chromatography ในการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีควบคู่ไปกับ Mass Spectrometry สภาวะการวิเคราะห์ดังนี้ ทำการฉีดตัวอย่างเข้าช่องฉีดสารของเครื่องแก๊สโครมาโตรกราฟพีครั้งละ 1.0 ไมโครลิตร คอลัมน์ที่ใช้คือ HP-5 ยาว 30 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร โดยมีฮีเลียมเป็นก๊าซตัวพา ด้วยอัตราการไหล 1.5 มิลลิลิตรต่อนาที ที่ความดัน 14.08 psi สำหรับสภาวะของตู้ให้ความร้อน (oven) คือ อุณหภูมิเริ่มต้นของตู้เป็น 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และเพิ่มอุณหภูมิสูงถึง 220 องศาเซลเซียส ในอัตรา 10 องศาเซลเซียสต่อนาที อุณหภูมิอินเจคเตอร์ 220 องศาเซลเซียส Mass Spectrometer ทำงานด้วยพลังงานอิเล็กตรอน 70 eV The total ion current (TIC) เท่ากับ 30-500 m/z

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 การศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของกัญชาในอาหาร B5 (Gamborg B-5 basal) ที่ความเข้มข้น 1/10, 1/20 และ 1/30 ภาชนะโปร่งแสงขนาด 500 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ Kratky Method ระยะเวลา 30 วัน

จากการนำต้นกัญชาอายุต้น 4 วัน มาเพาะเลี้ยงในอาหาร B5 (Gamborg B-5 basal) ที่ความเข้มข้น 1/10, 1/20 และ 1/30 ในภาชนะขนาด 500 มิลลิลิตร โดยทำการทดลองความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ เป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่าภายใน 15 วัน ต้นกัญชาในอาหาร B5 ความเข้มข้น 1/10, 1/20 และ 1/30 มีความสูงเฉลี่ย 14.18, 9.43 และ 8.1 เซนติเมตร ตามลำดับ ความเข้มข้น 1/10 ให้ค่าเฉลี่ยความสูงมากที่สุดที่ 14.18 เซนติเมตร และวันที่ 30 ต้นกัญชาในอาหาร B5 ความเข้มข้น 1/10, 1/20 และ 1/30 มีความสูงเฉลี่ย 16.93, 14.07 และ 10.7 ตามลำดับ ซึ่งอาหาร B5 ความเข้มข้น 1/10 ให้ค่าเฉลี่ยความสูงมากที่สุดที่ 16.93 เซนติเมตร ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งพบว่าต้นกัญชาในอาหาร B5 ความเข้มข้น 1/10 มีการเจริญเติบโตมากที่สุด โดยดูจากความสูงและน้ำหนักสดทั้งต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 การเจริญเติบโตของต้นกัญชาในระยะเวลา 15 และ 30 วัน ในอาหารสูตร B5 ที่ความเข้มข้น 1/10, 1/20 และ 1/30 เพาะเลี้ยงในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky method)

เวลา (วัน)	ความเข้มข้นอาหาร B-5	การเจริญเติบโต	
		ความสูงเฉลี่ย (เซนติเมตร) ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	น้ำหนักสดทั้งต้นเฉลี่ย (กรัม) ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
15	1/10	14.18 ± 0.48	3.14 ± 1.61
	1/20	9.43 ± 0.32	2.17 ± 0.12
	1/30	8.1 ± 0.23	3.65 ± 1.15
30	1/10	16.93 ± 2.83	-
	1/20	14.07 ± 1.01	-
	1/30	10.7 ± 1.97	-

4.2 การศึกษาความสูงของต้นกัญชาในอาหาร B5 (Gamborg B-5 basal) ที่ความเข้มข้น 1/10 ภาชนะทึบแสงขนาด 4,000 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ Kratky Method ระยะเวลา 70 วัน

จากการนำต้นกัญชาอายุต้น 4 วัน มาเพาะเลี้ยงในอาหาร B5 (Gamborg B-5 basal) ที่ความเข้มข้น 1/10 ในภาชนะขนาด 4,000 มิลลิลิตร เป็นเวลา 70 วัน ทำทั้งหมด 3 ซ้ำ ได้ทำการวัดค่า EC และปริมาณไนเตรตในอาหาร B5 ก่อนทำการเลี้ยงต้นกัญชาได้เท่ากับ 0.6 (S/m) และ 210 ppm ตามลำดับ ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.2 พบว่าภายใน 15 วัน ต้นกัญชามีความสูงเฉลี่ยอยู่ที่ 13.67 เซนติเมตร วัดค่า EC ได้ท่ากับ 0.4 (S/m) และมีปริมาณไนเตรตในอาหารอยู่ที่ 120 ppm วันที่ 56 ใบของต้นกัญชาเกิดการเหี่ยวเฉาเล็กน้อย มีความสูงเฉลี่ย 64.33 เซนติเมตร จึงได้ทำการวัดค่า EC ได้เท่ากับ 0.6 (S/m) และวัดปริมาณไนเตรตในอาหารได้เท่ากับ 10 ppm ซึ่งน้อยมาก จึงได้ทำการเติมอาหาร B5 ความเข้มข้นมากขึ้น คือ 1/2 และได้เติมโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟส (KH_2PO_4) 0.13 กรัม เพื่อเพิ่มแร่ธาติให้กับต้นกัญชา จากนั้นวัดค่า EC และไนเตรตหลังเติมอาหารได้เท่ากับ 0.7 (S/m) และ 55 ppm ตามลำดับ ในวันที่ 62 ได้ทำการเติมอาหาร B5 เต็มสูตร จากนั้นวัดค่า EC และไนเตรตหลังเติมอาหารได้เท่ากับ 0.9 (S/m) และ 93 ppm ตามลำดับ ซึ่งต้นกัญชามี

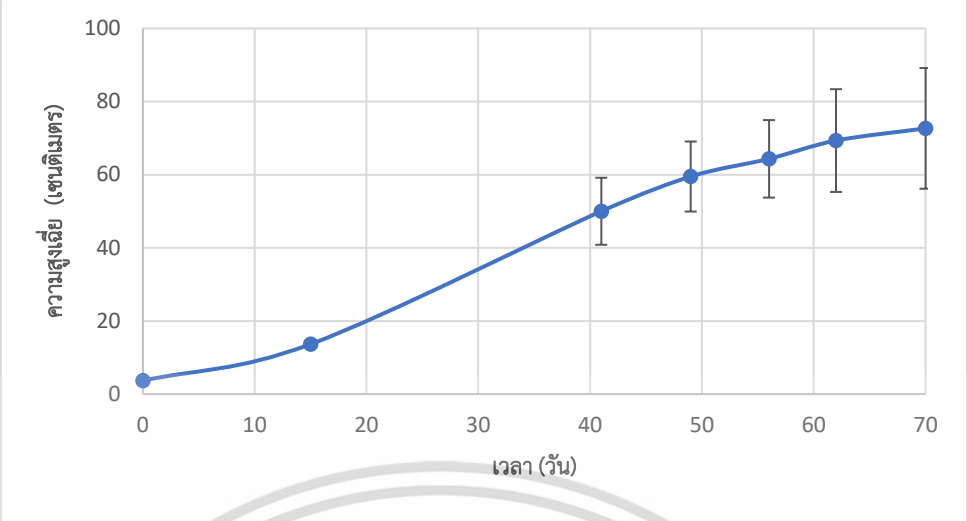
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสูงเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 69.33 เซนติเมตร และพบว่าภายใน 70 วัน ต้นกัญชามีความสูงเฉลี่ย 72.67 เซนติเมตร และวัดค่า EC ได้ 0.7 (S/m) และวัดค่าไนเตรทในอาหารได้ 16 ppm ดังแสดงในตารางที่ 4.2 และพบว่าในช่วงวันที่ 15-49 ต้นกัญชามีการเจริญเติบโตแบบ Exponential phase โดยดูจากความสูง ในช่วงวันที่ 56 ถึงวันที่ 70 ต้นกัญชามีการเจริญเติบโตที่เริ่มเข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตแบบ Stationary phase ดังแสดงในรูปที่ 4.1 และในช่วงนี้ต้นกัญชามีการใช้สารอาหารมากขึ้น เนื่องจากวัดปริมาณไนเตรตได้เพียง 10 ppm

ตารางที่ 4.2 การเจริญเติบโตของต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ Kratky Method อาหาร 1/10 B5 ภาชนะทึบแสงขนาด 4,000 มิลลิลิตร

เวลา (วัน)	ความสูงเฉลี่ย (เซนติเมตร) ± SD	EC	ปริมาณไนเตรต (ppm)
0	4 ± 0.00	0.6	210
15	13.67 ± 0.76	0.4	120
41	50.0 ± 9.17	0.4	30
49	59.50 ± 9.58	0.5	19
56	64.33 ± 10.60	0.6	10
62	69.33 ± 14.05	0.9	93
70	72.67 ± 16.50	0.7	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 การเจริญเติบโตของต้นกัญชาในในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ Kratky Method อาหาร B5 ความเข้มข้น 1/10 ภาชนะขนาด 4,000 มิลลิลิตร ระยะเวลา 70 วัน โดยดูจากความสูง

4.3 การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในอาหาร B5 ความเข้มข้น 1/20 ในภาชนะโปร่งแสงเปรียบเทียบการเจริญเติบโตต้นกัญชาในภาชนะทึบแสงขนาด 500 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ Kratky Method ระยะเวลา 30 วัน

จากการนำต้นกัญชาจากข้อ 3.4.2 อายุต้น 35 วัน มาทำการทดลองต่อในการศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในอาหาร B5 ความเข้มข้น 1/20 ในภาชนะโปร่งแสงและทึบแสงขนาด 500 มิลลิลิตร โดยทำการทดลอง 30 วัน ทำทั้งหมด 3 ซ้ำ ต้นกัญชาก่อนเริ่มการทดลองในภาชนะโปร่งแสงต้นกัญชาเริ่มต้นมีความสูงเฉลี่ยเท่า 19.33 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเริ่มต้นเท่ากับ 3.19 กรัม และต้นกัญชาก่อนเริ่มการทดลองในภาชนะทึบแสงต้นกัญชามีความสูงเฉลี่ยเริ่มต้น 19.67 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเริ่มต้นเท่ากับ 3.26 กรัม เมื่อเวลาผ่านไป 15 วัน พบว่าต้นกัญชามีความสูงเฉลี่ยในภาชนะทึบแสงและโปร่งแสงเท่ากับ 24.67 และ 25.00 เซนติเมตร ตามลำดับ น้ำหนักทั้งต้นเฉลี่ยที่เลี้ยงในภาชนะทึบแสงและโปร่งแสงเท่ากับ 4.32 และ 4.63 กรัม ตามลำดับ ในวันที่ 30 ต้นกัญชามีความสูงเฉลี่ยในภาชนะทึบแสงและโปร่งแสงเท่ากับ 30.00 และ 29.67 เซนติเมตร ตามลำดับ น้ำหนักทั้งต้นเฉลี่ยที่เลี้ยงในภาชนะทึบแสงและโปร่งแสงเท่ากับ 5.23 และ 6.23 กรัม ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.3 ซึ่งพบว่าภาชนะที่ใส่อาหารไม่ว่าจะเป็นแบบโปร่งแสงหรือทึบแสงก็ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกัญชา แต่ในภาชนะโปร่งแสงนั้นมีสาหร่ายเกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 การเจริญเติบโตของต้นกัญชาในอาหาร 1/20 B5 ในภาชนะโปร่งแสงเปรียบเทียบกับในภาชนะทึบแสงขนาด 500 มิลลิลิตร ระยะเวลา 30 วัน ระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky method)

เวลา (วัน)	ลักษณะภาชนะ ขนาด 500 มิลลิลิตร	การเจริญเติบโต	
		ความสูงเฉลี่ย (เซนติเมตร) ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	น้ำหนักทั้งต้นเฉลี่ย (กรัม) ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	ทึบแสง	19.33 ± 3.00	3.19 ± 0.72
	โปร่งแสง	19.67 ± 4.36	3.26 ± 1.64
15	ทึบแสง	24.67 ± 3.06	4.32 ± 0.86
	โปร่งแสง	25.00 ± 2.65	4.63 ± 1.17
30	ทึบแสง	30.00 ± 1.00	5.23 ± 2.08
	โปร่งแสง	29.67 ± 2.08	6.23 ± 1.81

4.4 การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในอาหาร B5 ที่ความเข้มข้น 1/20 ในภาชนะขนาด 4,000 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตในภาชนะขนาด 8,000 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky Method) ระยะเวลา 60 วัน

จากการนำต้นกัญชาจากข้อ 3.4.4 มาทำการทดลองต่อในการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในอาหาร B5 ที่ความเข้มข้น 1/20 ในภาชนะขนาด 4,000 เปรียบเทียบกับการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในภาชนะขนาด 8,000 มิลลิลิตร โดยทำการทดลอง 60 วัน ทำทั้งหมด 3 ซ้ำ ก่อนทำการทดลองได้ทำการวัดความสูงและชั่งน้ำหนักสดทั้งต้น ความสูงเฉลี่ยของต้นกัญชาในภาชนะขนาด 4,000 มิลลิลิตรมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 32 เซนติเมตรและในภาชนะขนาด 8,000 มิลลิลิตร มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 32 เซนติเมตร และน้ำหนักสดทั้งต้นเฉลี่ยของต้นกัญชาในภาชนะขนาด 4,000 มิลลิลิตรมีน้ำหนักสดเท่ากับ 11.95 กรัม และในภาชนะขนาด 8,000 มิลลิลิตร มีน้ำหนักสดทั้งต้นเท่ากับ 6.45 กรัม วัดค่า EC เริ่มต้นในอาหาร 1/20 B5 ได้เท่ากับ 0.7 (S/m) และวัดไนเตรตเริ่มต้นได้ 73 ppm เมื่อผ่านไป 15 วันพบว่าต้นกัญชาในภาชนะขนาด 4,000 มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 42 เซนติเมตรและภาชนะขนาด 8,000 มิลลิลิตร มีความสูงเฉลี่ยเท่ากัน คือ 42 เซนติเมตร ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 30 ต้นกัญชาในภาชนะขนาด 4000 มิลลิลิตร มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 46 เซนติเมตร และในภาชนะขนาด 8000 มิลลิลิตร มีความสูงเฉลี่ย 47.5 เซนติเมตร และในวันที่ 45 ความสูงเฉลี่ยของต้นกัญชาในภาชนะขนาด 4,000 มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 52.5 เซนติเมตรและภาชนะขนาด 8,000 มิลลิลิตร มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 59 เซนติเมตร และในวันที่ 60 วัดความสูงเฉลี่ยของต้นกัญชาในภาชนะขนาด 4,000 มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 55 เซนติเมตร และภาชนะขนาด 8,000 มิลลิลิตรมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 63.5 เซนติเมตร และวัดน้ำหนักสดทั้งต้นเฉลี่ยของต้นกัญชาในภาชนะขนาด 4,000 มีนำหนักเท่ากับ 67.3 กรัม และภาชนะขนาด 8,000 มิลลิลิตร มีนำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 51.5 กรัม ดังแสดงในตารางที่ 4.4 และจากการวิจัยพบว่าในภาชนะขนาด 4,000 มิลลิลิตร มีค่า Growth index เท่ากับ 4.63 และในภาชนะขนาด 8,000 มิลลิลิตร มีค่า Growth index เท่ากับ 6.98 ดังแสดงในตารางที่ 4.5 และจากการวิจัยพบว่าต้นกัญชาในภาชนะ 8,000 มิลลิลิตร มีการเจริญเติบโตมากที่สุด โดยดูจากความสูงและ Growth index ของน้ำหนักสดทั้งต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

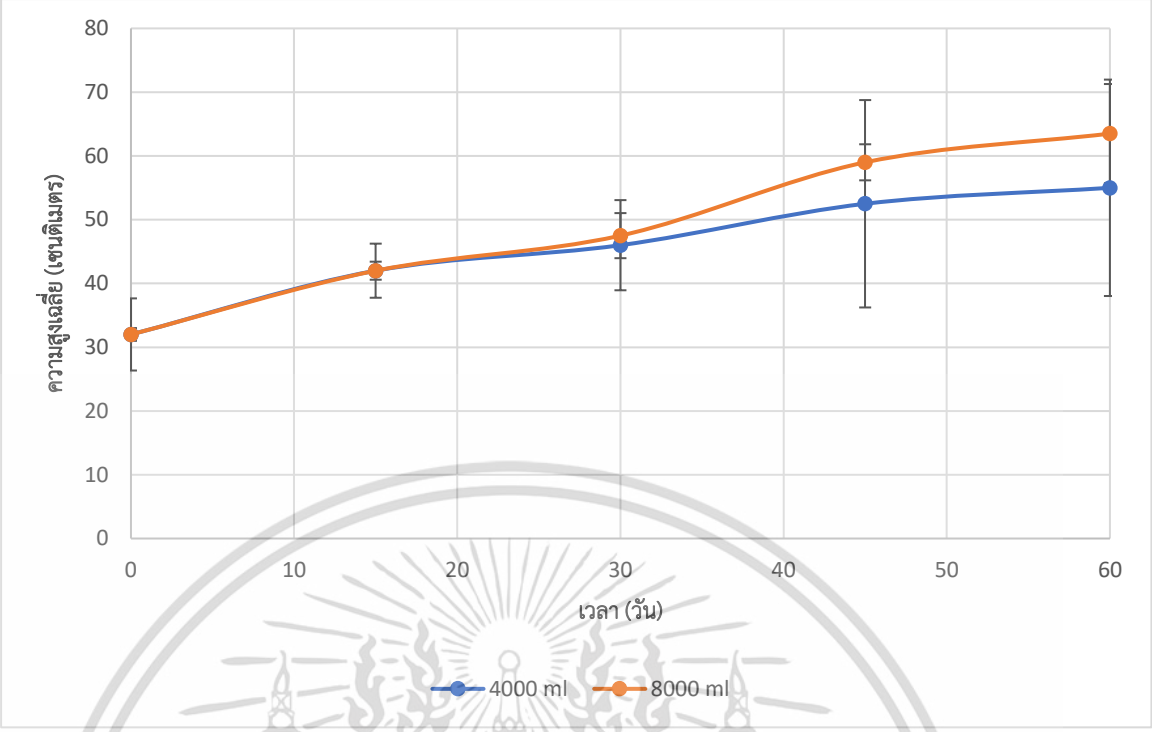
ตารางที่ 4.4 การเจริญเติบโตของต้นกัญชาในอาหาร B5 ที่ความเข้มข้น 1/20 ในภาชนะขนาด 4,000 และ 8,000 มิลลิลิตร ระยะเวลา 60 วัน

เวลา (วัน)	ขนาดภาชนะ (ml)	การเจริญเติบโต	
		ความสูงเฉลี่ย (cm) ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	น้ำหนักทั้งต้นเฉลี่ย (g) ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
0	4000	32 ± 5.66	11.95 ± 0.85
	8000	32 ± 1.00	6.45 ± 0.42
15	4000	42 ± 4.24	-
	8000	42 ± 1.41	-
30	4000	46 ± 7.07	-
	8000	47.5 ± 3.54	-
45	4000	52.5 ± 16.26	-
	8000	59 ± 2.83	-
60	4000	55 ± 16.97	67.3 ± 22.20
	8000	63.5 ± 7.78	51.5 ± 0.00

ตารางที่ 4.5 การเจริญเติบโต Growth index ของต้นกัญชาในภาชนะขนาด 4000 มิลลิลิตร เปรียบเทียบกับการเจริญเติบโต Growth index ในภาชนะขนาด 8000 มิลลิลิตร ระยะเวลา 60 วัน

ขนาดภาชนะ (มิลลิลิตร)	Growth index
4000	4.63
8000	6.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 การเจริญเติบโตของต้นกัญชาในในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ Kratky Method อาหาร B5 ที่ความเข้มข้น 1/20 ในภาชนะขนาด 4,000 และ 8,000 มิลลิลิตร ระยะเวลา 60 วัน โดยดูจากความสูง

4.5 การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในอาหารสูตร 1/20 B5 (Gamborg B-5 basal medium) เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในอาหารสูตร 1/20 MS (Murasiige and Skoog, 1962) ในภาชนะแบบทึบแสงขนาด 500 มิลลิลิตร และเลี้ยงต่อขนาด 2500 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky Method) ระยะเวลา 112 วัน

จากการนำต้นกัญชามาเลี้ยงในอาหารสูตร B5 และอาหารสูตร MS ความเข้มข้น 1/20 ในภาชนะขนาด 500 มิลลิลิตร ความเข้มข้นละ 10 ซ้ำ ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky Method) ทำการเพาะเลี้ยง ภายใต้ไฟความเข้มแสง PPFD 70 ให้แสง 24 ชั่วโมง/วัน โดยเลี้ยงต้นกัญชาในภาชนะทึบแสงขนาด 500 มิลลิลิตรเป็นเวลา 35 วัน และทำการเปลี่ยนภาชนะการเลี้ยงลงในภาชนะทึบแสงขนาด 2500 มิลลิลิตร เลี้ยงต่อจนต้นกัญชาอายุ 112 วัน

จากการวิจัยพบว่าการนำต้นกัญชามาเลี้ยงในอาหารสูตร B5 และอาหารสูตร MS ความเข้มข้น 1/20 ใน ภาชนะขนาด 500 มิลลิลิตร โดยทำการทดลองอาหารสูตรละ 3 ซ้ำ พบว่าภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

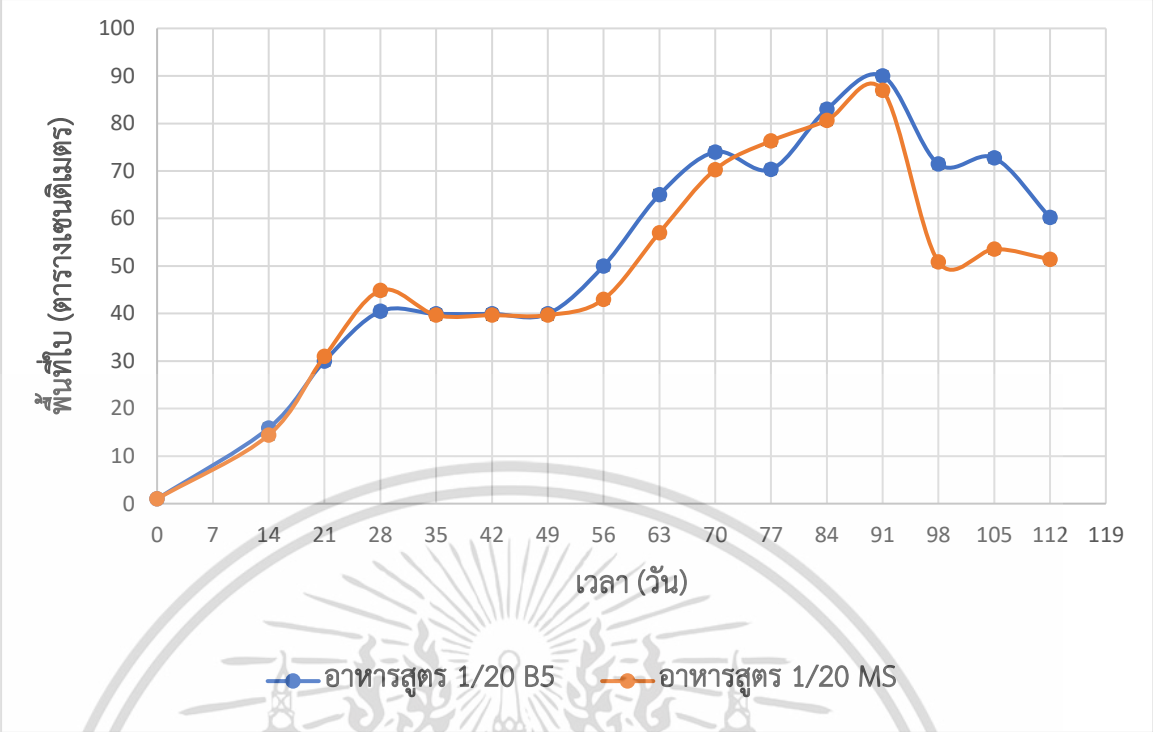
35 วัน อาหารสูตร B5 มีความ สูงเฉลี่ย 25.4 เซนติเมตร และมีพื้นที่ใบเฉลี่ย 39.93 ตารางเซนติเมตร อาหารสูตร MS มีความสูงเฉลี่ย 27.6 เซนติเมตร และพื้นที่ใบเฉลี่ย 39.66 ตารางเซนติเมตร ดังแสดงในตารางที่ 4.6 และทำการวิจัยต่อโดยการย้ายต้นกัญชาเลี้ยงต่อในอาหารสูตร B5 และอาหารสูตร MS ความเข้มข้น 1/20 ในภาชนะทึบแสงขนาด 2500 มิลลิลิตร เริ่มเก็บผลตอนต้นกัญชามีอายุครบ 56 วัน โดยเก็บผลทุกๆ 7 วัน จนต้นกัญชาอายุครบ 112 วัน พบว่าต้นกัญชาเมื่ออายุครบ 112 วัน หลังเลี้ยงในอาหารสูตร B5 ในภาชนะทึบแสงขนาด 2500 มิลลิลิตร มีการเจริญเติบโตความสูงเฉลี่ย 114.3 เซนติเมตร และพื้นที่ใบเฉลี่ย 60.2 ตารางเซนติเมตร และพบว่าต้นกัญชาที่เลี้ยงในอาหารสูตร MS ในภาชนะทึบแสงขนาด 2500 มิลลิลิตร มีการเจริญเติบโตความสูง เฉลี่ย 120 เซนติเมตร และพื้นที่ใบเฉลี่ย 51.44 ตารางเซนติเมตร ดังแสดงในตาราง 4.6 และจากการวิจัยพบว่าพื้นที่ใบมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นจากวันที่ 0 ถึงวันที่ 91 และเริ่มมีขนาดพื้นที่ใบที่ลดลงในวันที่ 98 แสดงดังรูปที่ 4.3 และพบว่าการเจริญเติบโตความสูงมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นแบบเอ็กโปเนนเชียล ตั้งแต่วันที่ 49 ถึงวันที่ 56 และเริ่มเข้าสู่การเจริญเติบโตแบบคงที่ ดังแสดงในรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 การเจริญเติบโตพื้นใบและความสูงของต้นกัญชา ในภาชนะขวดขนาด 500 และ 2500 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky Method) ระยะเวลา 112 วัน

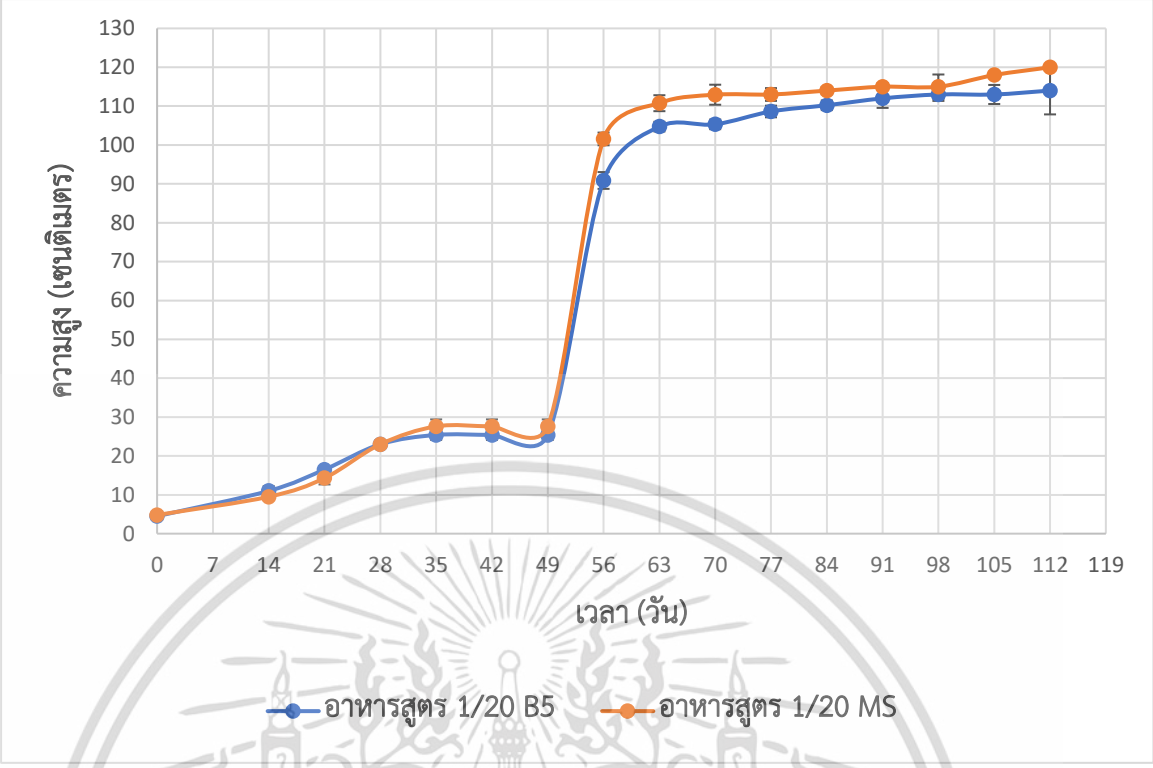
ขนาดภาชนะ (มิลลิลิตร)	เวลา(วัน)	พื้นที่ใบเฉลี่ย (ตารางเซนติเมตร) ± SD		ความสูงเฉลี่ย (เซนติเมตร) ± SD	
		อาหาร 1/20 B5	อาหาร 1/20 MS	อาหาร 1/20 B5	อาหาร 1/20 MS
500	0	1 ± 0.47	1 ± 0.47	4.5 ± 0.41	4.8 ± 0.89
	14	15.9 ± 1.73	14.45 ± 1.95	11 ± 1.25	9.5 ±0.62
	21	30 ± 2.05	31 ± 2.49	16.5 ± 0.62	14.3 ±1.64
	28	40.47 ± 2.40	44.85 ± 1.31	23 ± 0.82	23 ±0.94
	35	39.93 ± 2.37	39.66 ± 2.62	25.4 ± 1.30	27.6 ±1.80
2500	42	-	-	-	-
	49	-	-	-	-
	56	50 ± 2.05	43 ± 1.24	90.88 ± 2.16	101.56 ±1.63
	63	65 ± 1.70	57 ± 0.81	104.73 ± 1.25	110.76 ±2.05
	70	74 ± 1.63	70.3 ± 1.92	105.32 ± 1.25	112.94 ±2.58
	77	70.33 ± 1.91	76.33 ± 1.66	108.63 ± 1.50	113.23 ±1.64
	84	83 ± 2.05	80.66 ± 1.03	110.23 ± 1.25	114.56 ±0.96
	91	90 ± 1.63	87 ± 1.25	112 ± 2.45	115 ±0.81
	98	71.46 ± 1.09	50.88 ± 1.30	113 ± 1.65	115 ±3.14
	105	72.75 ± 1.01	53.56 ± 2.54	113 ± 2.45	118 ±0.60
	112	60.22 ± 1.00	51.44 ± 0.65	114.73 ± 6.12	120 ±0.65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตด้านพื้นที่ใบของต้นกัญชาใน อาหารสูตร 1/20 B5 และอาหารสูตร 1/20 MS ในภาชนะขวดทึบแสงขนาด 500 มิลลิลิตรและเลี้ยงต่อในภาชนะขนาดขนาด 2500 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky Method) ในระยะเวลา 112 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบการเจริญเติบโตด้านความสูงของต้นกัญชาใน อาหารสูตร 1/20 B5 และอาหารสูตร 1/20 MS ในภาชนะขวดทึบแสงขนาด 500 มิลลิลิตรและเลี้ยงต่อในภาชนะขนาดขนาด 2500 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky Method) ในระยะเวลา 112 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT (nutrient film technique) ที่มีระบบให้แสง 3 ชั้น ในอาหารสูตร 1/20 MS (Murasiige and Skoog, 1962) ในระยะเวลา 88 วัน

จากการนำต้นกัญชามาเลี้ยงในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT ที่มีระบบให้แสง 3 ชั้น ในอาหารสูตร 1/20 MS (Murasiige and Skoog, 1962)

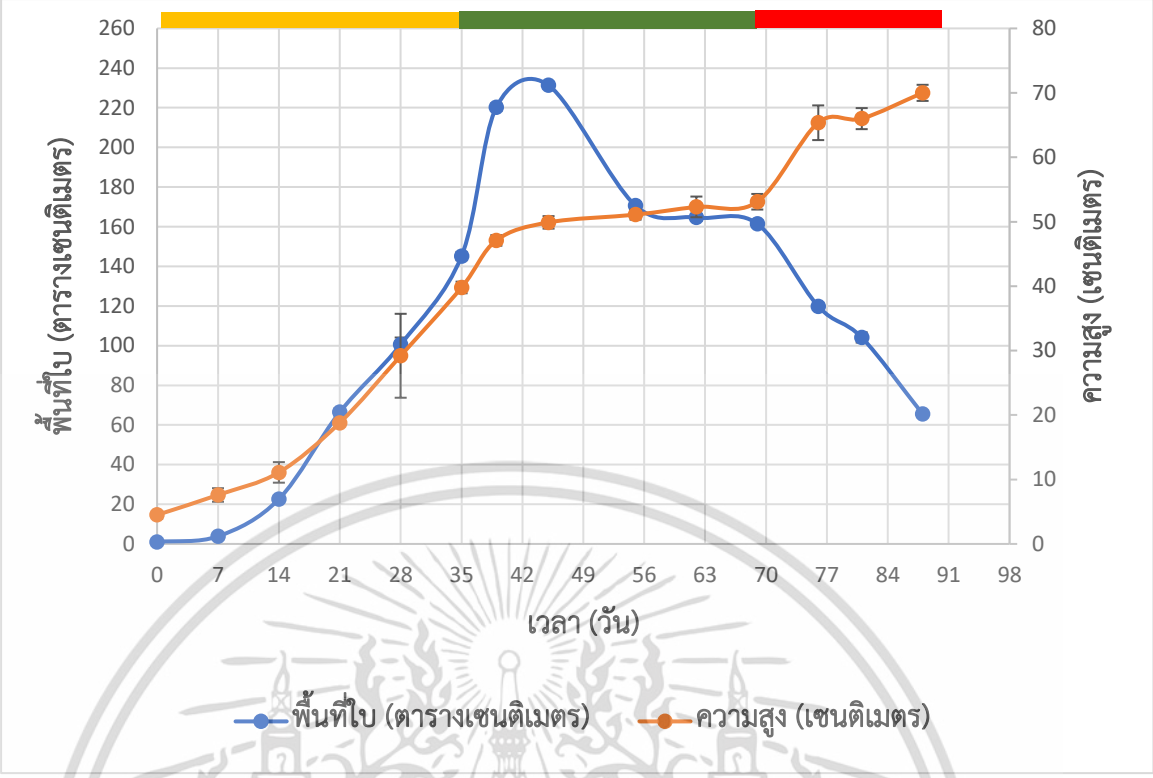
จากการวิจัยพบว่าต้นกัญชาที่ปลูกในระบบนี้ ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 35 ของการเจริญเติบโตมีการให้แสงชั้นที่ 1 พบว่าต้นกัญชาที่มีอายุ 35 วัน มีความสูงเฉลี่ย 40 เซนติเมตร และมีพื้นที่ใบเฉลี่ย 145.19 ตารางเซนติเมตร ในช่วงวันที่ 36 ถึงวันที่ 69 ซึ่งกำลังเจริญผ่านชั้นที่ 1 ขึ้นมาชั้นที่ 2 มีการให้แสงชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 1 พบว่าการเจริญเติบโตของต้นกัญชา ในวันที่ 45 ของการปลูกในระบบนี้ มีพื้นที่ใบสูงสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 231.29 ตารางเซนติเมตร และมีจำนวนแฉกสูงสุดของใบกัญชาอยู่ที่ 13 แฉก และต้นกัญชาที่มีอายุ 69 วัน มีความสูงเฉลี่ย 53.1 เซนติเมตร และมีพื้นที่ใบเฉลี่ย 161.46 ตารางเซนติเมตร แสดงในตารางที่ 4.9 ในช่วงวันที่ 76 ถึงวันที่ 88 ซึ่งกำลังเจริญผ่านชั้นที่ 2 ขึ้นมาชั้นที่ 3 มีการให้แสงชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 1 พบว่าในวันที่ 88 มีความสูงเฉลี่ยอยู่ที่ 64 เซนติเมตร และมีพื้นที่ใบเฉลี่ยอยู่ที่ 65.56 ตารางเซนติเมตร ดังแสดงในตารางที่ 4.7 และจากการวิจัยพบว่าความสูงของต้นกัญชามีเจริญเติบโตแบบเอกซ์โปเนนเชียลตั้งแต่วันที่ 21 จนถึงวันที่ 35 และพบว่าพื้นที่ใบมีการเจริญเติบโตสูงสุดในวันที่ 45 และพบว่าพื้นที่ใบเริ่มลดลงวันที่ 46 ถึงวันที่ 88 ดังแสดงในรูปที่ 4.5 และจากการวิจัยพบว่าลักษณะของใบกัญชาจะมีลักษณะเปลี่ยนไปตามช่วงอายุการเจิญเติบโตของต้นกัญชาโดยมีจำนวนแฉกที่เพิ่มขึ้น 1 3 5 7 9 11 และจำนวนแฉกที่พบมากที่สุดคือ 13 แฉก โดยมีพื้นที่ใบ 1.01, 3.85, 26.72, 145.19, 242.66, 170.60 และ 160 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 การเจริญเติบโตของต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT (nutrient film technique) ที่มีระบบให้แสง 3 ชั้น ในระยะเวลา 88 วัน

ระบบให้แสง	เวลา (วัน)	พื้นที่ใบเฉลี่ย (ตารางเซนติเมตร) ±SD	ความสูงเฉลี่ย (เซนติเมตร) ±SD
ให้แสงชั้นที่ 1	1	1 ± 0.09	4.5 ± 0.05
	7	3.85 ± 0.21	7.6 ± 0.17
	14	22.6 ± 0.08	11.1 ± 0.26
	21	66.46 ± 0.09	18.8 ± 0.52
	28	100.56 ± 7.93	29.2 ± 0.82
	35	145.19 ± 0.83	39.8 ± 7.41
ให้แสงชั้นที่ 2	39	220.26 ± 2.05	47.1 ± 0.17
	45	231.29 ± 1.95	49.9 ± 0.59
	55	170.6 ± 3.92	51.1 ± 1.23
	62	164.63 ± 0.82	52.3 ± 1.12
	69	161.46 ± 0.88	53.1 ± 1.21
ให้แสงชั้นที่ 3	76	119.86 ± 1.25	65.36 ± 0.87
	81	104.14 ± 0.82	59 ± 0.81
	88	65.56 ± 1.65	64 ± 1.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 พื้นที่ใบและความสูงของต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT (nutrient film technique) ที่มีระบบให้แสง 3 ชั้น ในระยะเวลา 88 วัน

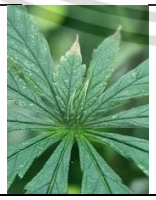
แสดงช่วงเวลาให้แสงชั้นที่ 1

แสดงช่วงเวลาให้แสงชั้นที่ 2

แสดงช่วงเวลาให้แสงชั้นที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงลักษณะของใบกัญชาและพื้นที่ใบตามอายุของต้นกัญชา ในระยะเวลา 90 วัน

จำนวนแฉก (แฉก)	รูปภาพลักษณะใบ	อายุ (วัน)	พื้นที่ใบ(ตารางเซนติเมตร)
1		1	1.01
3		5	3.85
5		12	26.72
7		19	145.19
9		43	242.66
11		51	170.60
13		67	160

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 การศึกษาการขยายพันธุ์ต้นกัญชาด้วยวิธีการปักชำ โดยชักนำให้เกิดราก ด้วยฮอร์โมนออกซิน NAA และระยะเวลาการแช่กิ่งปักชำในฮอร์โมนออกซิน NAA

นำกิ่งที่ได้จากการเลี้ยงในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT ที่มีระบบให้แสง 3 ชั้น มีความยาว 12 เซนติเมตร ทำการตัดปลายใบเพื่อลดอัตราการคลายน้ำ นำมาชักนำให้เกิดรากด้วยฮอร์โมนออกซิน NAA โดย แช่กิ่งในฮอร์โมน NAA เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ในฮอร์โมน 4 ความเข้มข้น 0, 0.1, 1, 10 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณ 200 มิลลิลิตร ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ พบว่าที่ความเข้มข้นของฮอร์โมน NAA 0 มิลลิกรัม/ลิตร เกิดรากจำนวน 1 ราก %การเกิดราก 66.67% และที่ความเข้มข้นของฮอร์โมน NAA 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร เกิดรากจำนวน 1 ราก %การเกิดราก 66.67% และที่ความเข้มข้นของฮอร์โมน NAA 1 มิลลิกรัม/ลิตร เกิดรากจำนวน 1 ราก % การเกิดราก 33.33% และที่ความเข้มข้นของฮอร์โมน NAA 10 มิลลิกรัม/ลิตร เกิดรากจำนวน 2 ราก %การเกิดราก 100% ในการทดลองแช่กิ่งในฮอร์โมน NAA เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ในฮอร์โมน 4 ความเข้มข้น 0, 0.1, 1, 10 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณ 200 มิลลิลิตร ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ พบว่าที่ความเข้มข้นของฮอร์โมน NAA 0 มิลลิกรัม/ลิตร เกิดราก จำนวน 1 ราก %การเกิดราก 100% ที่ความเข้มข้นของฮอร์โมน NAA 0.1 มิลลิกรัม/ลิตร เกิดราก จำนวน 5 ราก %การเกิดราก 100% ที่ความเข้มข้นของฮอร์โมน NAA 1 มิลลิกรัม/ลิตร เกิดราก จำนวน 20 ราก %การเกิดราก 100% และที่ความเข้มข้นของฮอร์โมน NAA 10 มิลลิกรัม/ลิตร เกิดรากจำนวน 30 ราก %การเกิดราก 100% ดังแสดงในตารางที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 จำนวนรากและ % การเกิดรากของกิ่งปักชำ ที่แช่ในฮอร์โมน NAA ที่ความเข้มข้น 0, 0.1, 1, 10 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ในระยะเวลาการแช่ 48 และ 72 ชั่วโมง บันทึกผลภายในระยะเวลา 14 วัน

ระยะเวลาการแช่ในฮอร์โมนออกซิน (ชั่วโมง) / ความเข้มข้น NAA (มิลลิกรัม/ลิตร)	แช่ในฮอร์โมนออกซิน 48 ชั่วโมง		แช่ในฮอร์โมนออกซิน 72 ชั่วโมง	
	จำนวนรากที่เกิดขึ้น	% การเกิดราก	จำนวนรากที่เกิดขึ้น	% การเกิดราก
0	1	66.67%	1	100%
0.1	1	66.67%	5	100%
1	1	33.33%	20	100%
10	2	100%	30	100%

4.8 การศึกษาการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นกัญชาระหว่าง ระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT (nutrient film technique) ที่มีระบบให้แสง 3 ชั้น และระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The kratky method) ในอาหารสูตร 1/20 MS (Murasiige and Skoog, 1962) ในระยะเวลา 88 วัน

จากการนำต้นกัญชามาเลี้ยงในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT ที่มีระบบให้แสง 3 ชั้น และระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM ในอาหารสูตร MS ความเข้มข้น 1/20 พบว่าภายใน 88 วัน การเจริญเติบโตของต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT ที่มีระบบให้แสง 3 ชั้น มีความสูงเฉลี่ย 64 เซนติเมตร พื้นที่ใบเฉลี่ย 65.56 ตารางเซนติเมตร และพบพื้นที่ใบเฉลี่ยสูงสุด 170.6 ตารางเซนติเมตร และพบว่าการเจริญเติบของต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำลึก KM มีความสูงเฉลี่ย 81.23 เซนติเมตร และพื้นที่ใบเฉลี่ย 71.46 ตารางเซนติเมตร และพบพื้นที่ใบเฉลี่ยสูงสุด 83 ตารางเซนติเมตร แสดงในตารางที่ 4.10 และพบว่า ความสูงของทั้ง 2 ระบบมีการเจริญเติบโตแบบเอกซ์โปเนนเชียล และพบว่าพื้นที่ของระบบ NFT มีการเจริญเติบโตแบบเอกซ์โปเนนเชียลและเมื่อถึงชวงที่ทำดอกจะเข้าสู่ช่วงคงที่ และเข้าสู่เดรทเฟส ดังแสดงในรูปที่ 4.6 ส่วนพื้นที่ใบของระบบ KM มีการเจริญเติบโตแบบเอกซ์โปเนนเชียล และยังไม่เข้าสู่ช่วงทำดอก ดังแสดงในรูปที่ 4.7 และจากการทดลองพบว่า รากของต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT (nutrient film technique) ที่มีระบบให้

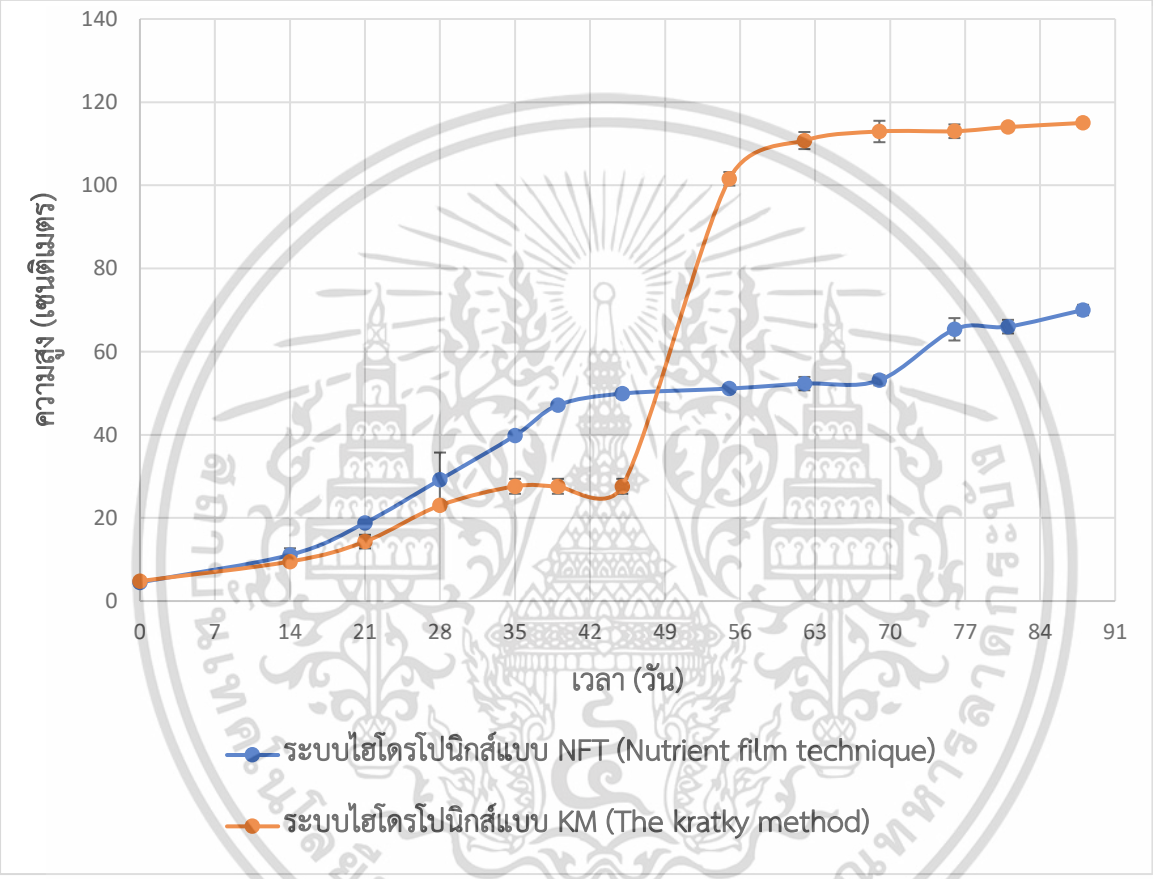
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสง 3 ชั้น มีลักษณะรากเน่า และระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The kratky method) ไม่พบรากเน่า โดยลักษณะรากเน่าที่เกิดมีลักษณะรากเป็นสีน้ำตาล และมีกลิ่นเหม็น ดังแสดงในรูปที่ 4.8

ตารางที่ 4.10 การเจริญเติบโตของต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบน้ำลึก NFT (nutrient film technique) มีระบบให้แสง 3 ชั้น และระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky method) ในระยะเวลา 88 วัน

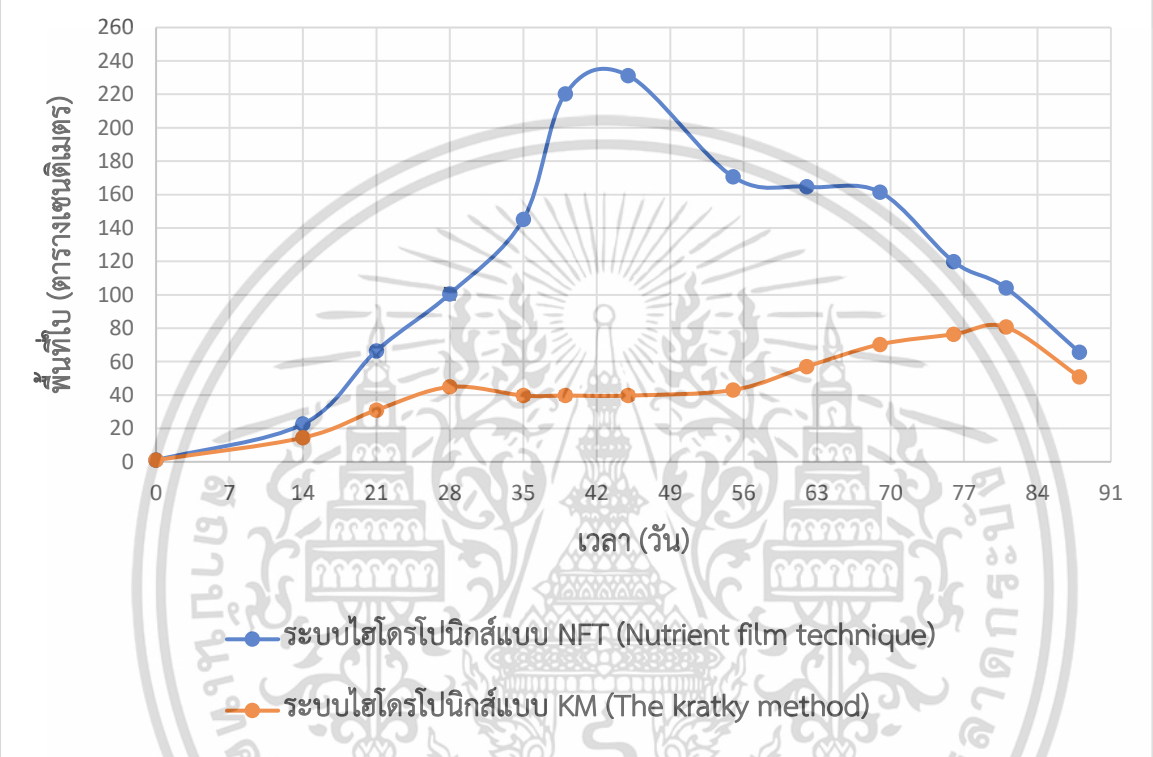
เวลา(วัน)	พื้นที่ใบเฉลี่ย (ตารางเซนติเมตร) ±SD		ความสูงเฉลี่ย (เซนติเมตร) ±SD	
	ระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky method)	ระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT (nutrient film technique) ที่มีระบบให้แสง 3 ชั้น	ระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky method)	ระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT (nutrient film technique) ที่มีระบบให้แสง 3 ชั้น
0	1 ± 0.06	1 ± 0.09	4.8 ± 0.12	4.5 ± 0.05
7	3.85 ± 0.23	3.85 ± 0.21	7.8 ± 0.12	7.6 ± 0.17
14	14.45 ± 0.45	22.6 ± 0.08	9.5 ± 0.22	11.1 ± 0.26
21	31 ± 0.07	66.46 ± 0.09	14.3 ± 0.25	18.8 ± 0.52
28	44.85 ± 0.08	100.56 ± 7.93	23 ± 0.22	29.2 ± 0.82
35	39.66 ± 0.04	145.19 ± 0.83	27.6 ± 0.37	39.8 ± 7.41
55	65 ± 0.62	220.26 ± 2.05	101.56 ±1.63	47.1 ± 0.17
62	74 ± 0.19	231.29 ± 1.95	110.76 ±2.05	49.9 ± 0.59
69	70.33 ± 0.27	170.6 ± 3.92	112.94 ±2.58	51.1 ± 1.23
76	83 ± 0.40	164.63 ± 0.82	113.23 ±1.64	52.3 ± 1.12
81	90 ± 0.45	161.46 ± 0.88	114.56 ±0.96	53.1 ± 1.21
88	71.46 ± 0.22	119.86 ± 1.25	115 ±0.81	65.36 ± 0.87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 การเจริญเติบโตสูงในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT มีระบบให้แสง 3 ชั้น และระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM ในระยะเวลา 88 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 การเจริญเติบโตพื้นที่ของต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT มีระบบให้แสง 3 ชั้น และระบบไฮโดรโปนิกส์ แบบ KM ในระยะเวลา 88 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.8 แสดงลักษณะรากระหว่าง ระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT (nutrient film technique) ที่มีระบบให้แสง 3 ชั้น และระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The kratky method)

รูปที่ ก แสดงลักษณะรากระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The kratky method)

รูปที่ ข แสดงลักษณะรากระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT (nutrient film technique) ที่มีระบบให้แสง 3 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9 การศึกษาการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในระบบไฮโดโปนิกส์แบบ NFT (nutrient film technique) ไฟ LED แสงสีขาว ความเข้มแสง (PPFD) 70 µmol/m^2/s และ ไฟ LED แสงสีน้ำเงิน ความเข้มแสง (PPFD) 60 µmol/m^2/s ในอาหาร 1/20 MS (Murasiige and Skoog, 1962)

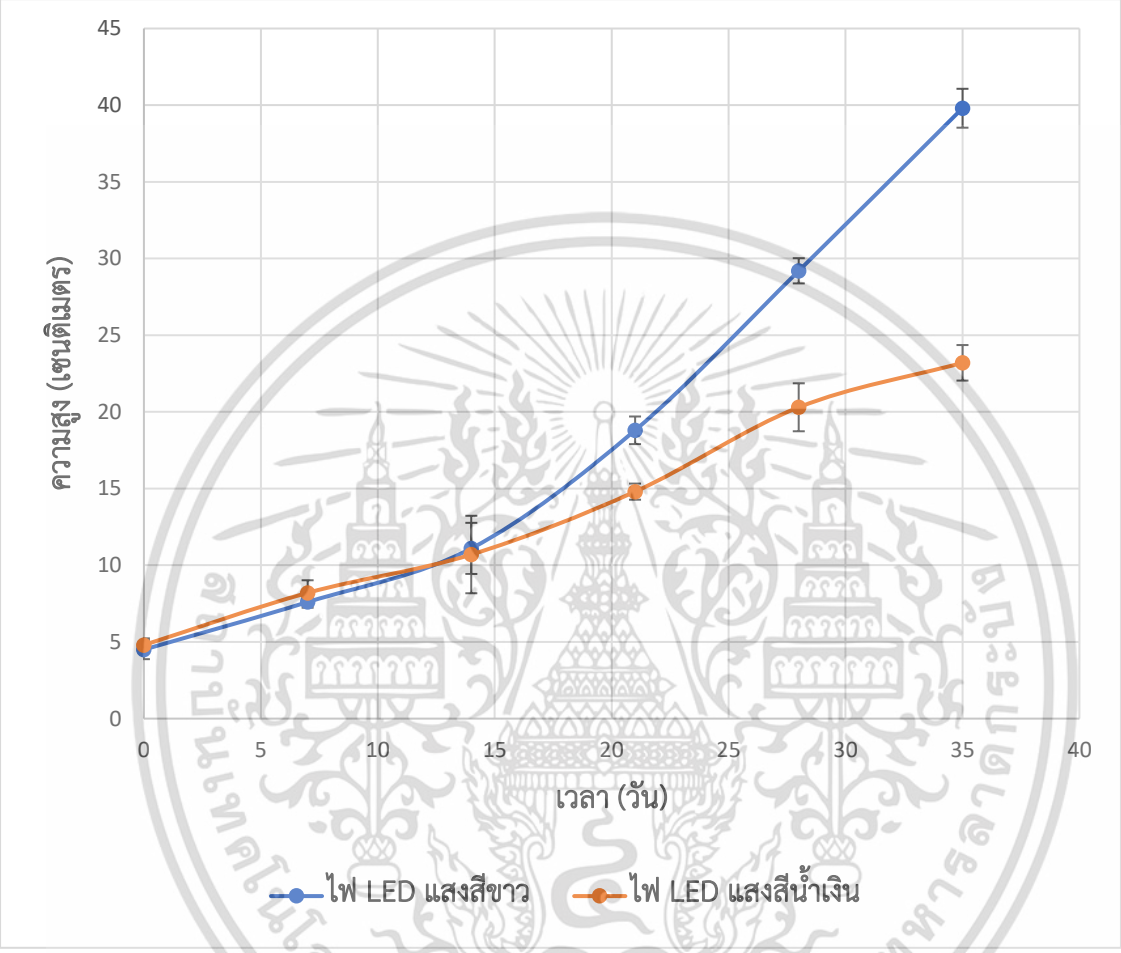
จากการนำต้นกัญชามาเลี้ยงในระบบไฮโดโปนิกส์แบบ NFT ภายใต้ไฟ LED แสงสีขาวความเข้มแสง PPFD 70 µmol/m^2/s และ ไฟ LED แสงสีน้ำเงินความเข้มแสง PPFD 60 µmol/m^2/s ให้แสง 24 ชั่วโมง/วัน ในอาหาร 1/20 MS

จากการวิจัยพบว่าภายใน 35 วันการเจริญเติบโตของต้นกัญชาที่เลี้ยงในะบบไฮโดโปนิกส์แบบ NFT ไฟ LED แสงสีขาว มีความสูงเฉลี่ย 39.8 เซนติเมตร และมีพื้นที่ใบเฉลี่ย 145.19 ตารางเซนติเมตร และพบว่าการเจริญเติบโตของต้นกัญชาที่เลี้ยงในะบบไฮโดโปนิกส์แบบ NFT ไฟ LED แสงสีน้ำเงิน มีความสูงเฉลี่ย 23.2 เซนติเมตร และพื้นที่ใบ 57.15 ตารางเซนติเมตร ดังแสดงในตารางที่ 4.10 และพบการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT แสงสีขาว ความเข้มแสง PPFD 70 µmol/m^2/s มีการเจริญเติบโตที่มากกว่าต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT แสงสีน้ำเงิน ความเข้มแสง PPFD 60 µmol/m^2/s

ตารางที่ 4.11 ความสูงและพื้นที่ใบของต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT ภายใต้ไฟ LED แสงสีขาวและไฟแสงสีน้ำเงิน ในอาหาร MS ความเข้มข้น 1/20 ในระยะเวลา 35 วัน

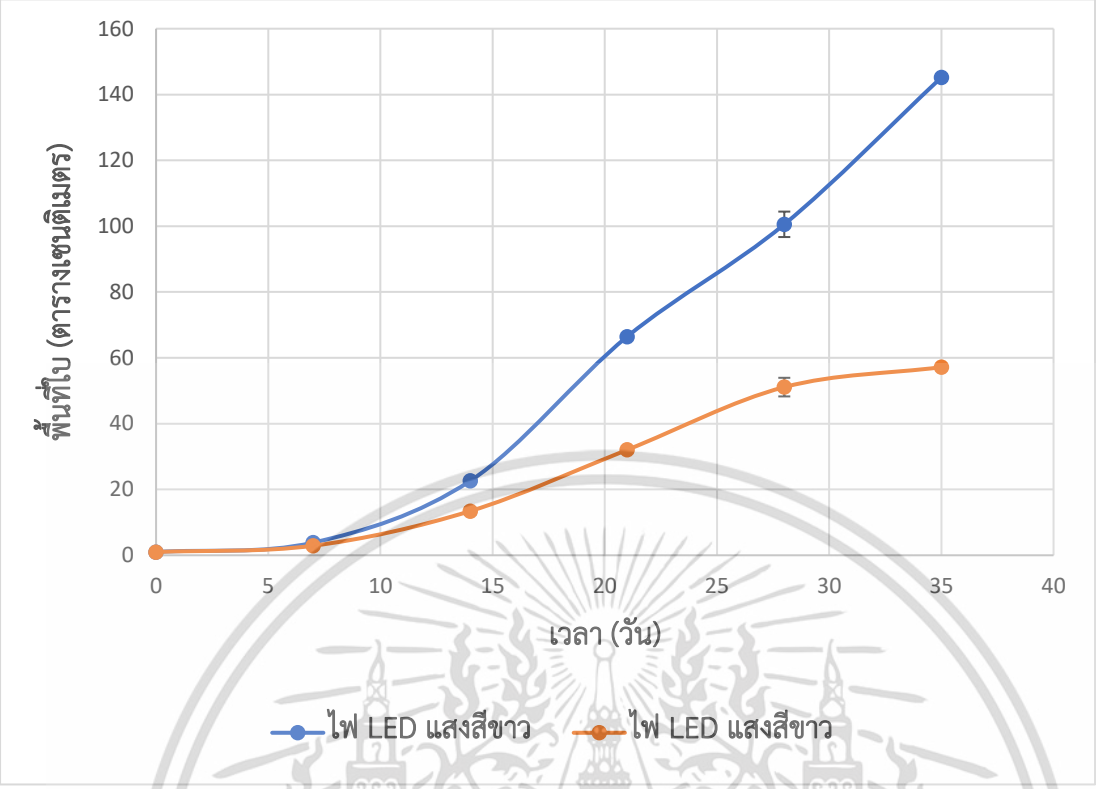
เวลา (วัน)	พื้นที่ใบเฉลี่ย (ตารางเซนติเมตร) ±SD		ความสูงเฉลี่ย (เซนติเมตร) ±SD	
	แสงสีขาว	แสงสีน้ำเงิน	แสงสีขาว	แสงสีน้ำเงิน
0	1 ± 0.23	1 ± 0.42	4.5 ± 0.62	4.8 ± 0.43
7	3.85 ± 0.07	2.9 ± 0.48	7.6 ± 0.37	8.2 ±0.82
14	22.6 ± 0.59	13.42 ± 1.10	11.1 ± 1.67	10.7 ± 2.52
21	66.46 ± 0.84	32.06 ± 0.92	18.8 ± 0.89	14.8 ± 0.52
28	100.56 ± 3.86	51.1 ± 2.82	29.2 ± 0.82	20.3 ± 1.56
35	145.19 ± 0.99	57.15 ± 0.81	39.8 ± 1.27	23.2 ± 1.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 การเจริญเติบโตความสูงของต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT ภายใต้ไฟ LED แสงสีขาวและไฟแสงสีน้ำเงิน ในอาหาร 1/20 MS ในระยะเวลา 35 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 การเจริญเติบโตพื้นที่ใบของต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT ภายใต้ไฟ LED แสงสีขาว และไฟแสงสีน้ำเงิน ในอาหาร 1/20 MS ในระยะเวลา 35 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

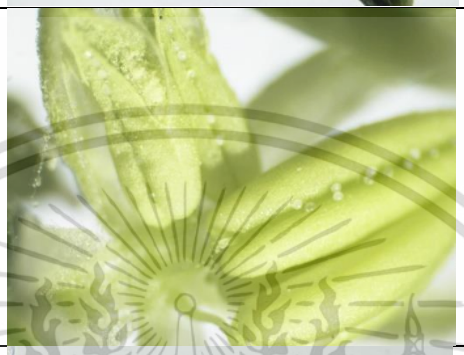
4.10 การศึกษาองค์ประกอบส่วนต่างๆของต้นกัญชาผ่านกล้องจุลทรรศน์

จาการนำส่วนประกอบส่วนหน้าใบ หลังใบ ดอกเพศผู้ อับเรนูเพศผู้ ละอองเรนู ช่อดอกเพศเมีย ดอกเพศเมีย รังไข่ และดอกกระเทย ของต้นกัญชาจากการทดลองที่ 4.5 มาส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์ ดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.12 ลักษณะส่วนประกอบส่วนต่างๆของกัญชา

ส่วนประกอบของกัญชา	รูปส่วนประกอบต่างๆของกัญชา	ลักษณะของกัญชา
ช่อดอกเพศผู้		ในช่อดอกเพศผู้จะมีดอกกัญชาเพศผู้อยูประมาณ 3-5 ดอก ใน 1 ช่อ
ดอกเพศผู้		ดอกกัญชาเพศผู้มีสีเขียวอ่อนอมเหลืองมีกลีบเลี้ยงทั้งหมด 5 กลีบ และมีอับเรณูทั้งหมด 5 อับ
ช่อดอกเพศเมีย		ช่อดอกเพศเพศเมียจะมีดอกเพศเมียอยู่ตามซอกขอกใบ
ดอกเพศเมีย		ดอกเพศเมียมีสีเขียว มีกลีบเลี้ยงจำนวน 2 กลีบเลี้ยง และมีเส้นเกสรจำนวน 2 เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดอกกระเทย		ดอกกระเทย เป็นลักษณะของต้นกัญชาที่ 1 ต้นจะมีทั้งดอกเพศเมียและเพศผู้อยู่ในต้นเดียวกัน
อับเรณู		อับเรณู อยู่ในดอกเพศผู้ มีทั้งหมด 5 อับ ภายในอับจะมีละอองเรณู
ละอองเรณู		ละอองเรณูอยู่ภายในอับเรณู มีลักษณะกลมสีเขียวอ่อนโปร่งแสง มีขนาดประมาณ 0.1 มิลลิเมตร
เกสรเพศเมีย		เกสรเพศเมียเป็นเส้น 2 เส้น
รังไข่เพศเมีย		ใน 1 ดอกเพศเมียจะพบรังไข่จำนวน 1 รังไข่ สำหรับพัฒนาไปเป็นเมล็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าใบ	 ก.ภาพถ่ายหน้าใบ ข.ภาพถ่ายหน้าผ่านกล่องจุลทรรศน์แบบส่องกราด	หน้าใบของกัญชาจะพบไตรโคมที่มีลักษณะกลมใส
หลังใบ	 ค.ภาพถ่ายหลังใบ ง.ภาพถ่ายหลังใบผ่านกล่องจุลทรรศน์แบบส่องกราด	บริเวณหลังใบจะพบไตรโคม 2 แบบ คือ แบบเข็ม และแบบกลมใส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

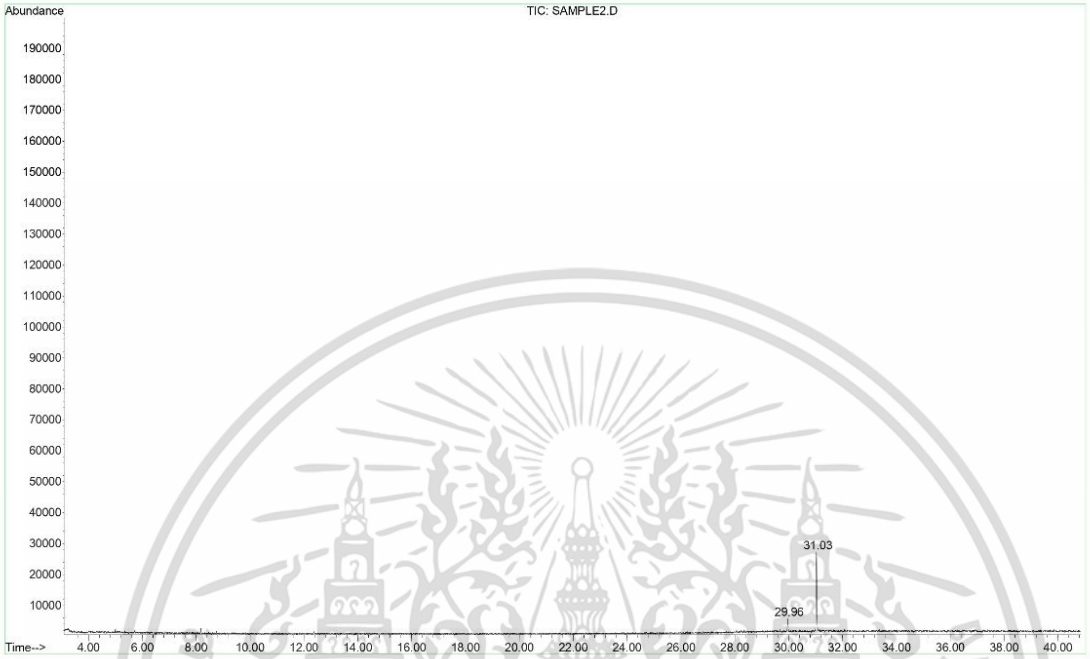
4.11 การศึกษาสาร CBD (Cannabinoid) และ THC (Tetrahydrocannabinol) ของกัญชาในส่วนใบและรากด้วย GC-MS

จากการสกัดใบ รากและก้านของกัญชาโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายและนำไปการวิเคราะห์ Gas Chromatography ในการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีควบคู่ไปกับ Mass Spectrometry โดยในสารสกัดจากใบพบสาร CBD และ THC แสดงดังรูปที่ 4.11 ส่วนสารสกัดจากก้านพบสาร THC เพียงชนิดเดียว (รูปที่ 4.13) และในสารสกัดจากรากไม่พบสาร CBD และ THC

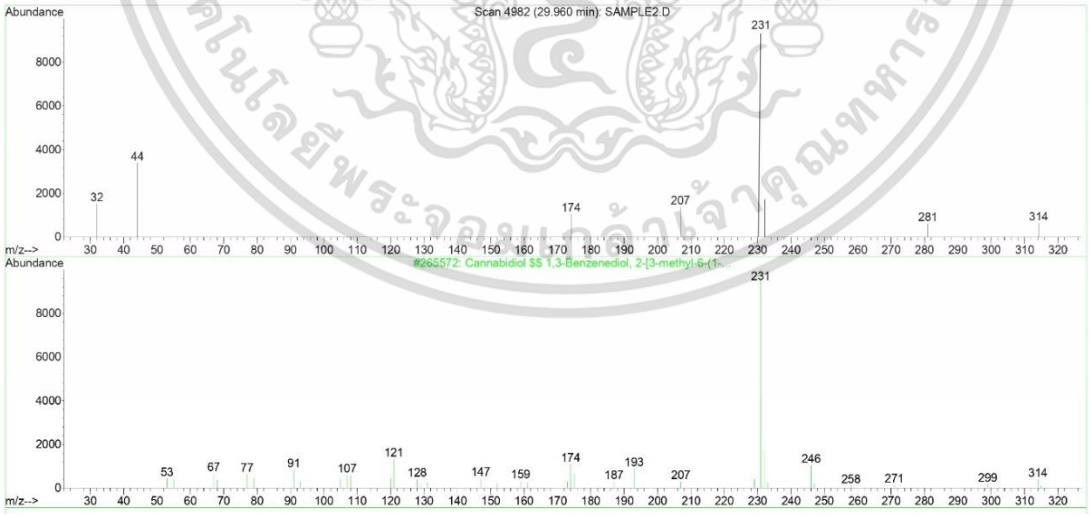
ตารางที่ 4.13 เวลาในการพบสาร CBD และ THC ของสารสกัดจากใบกัญชา

Peak	Retention time (min)	ชื่อสาร
1	29.96	Cannabidiol (CBD)
2	31.03	Tetrahydrocannabinol (THC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

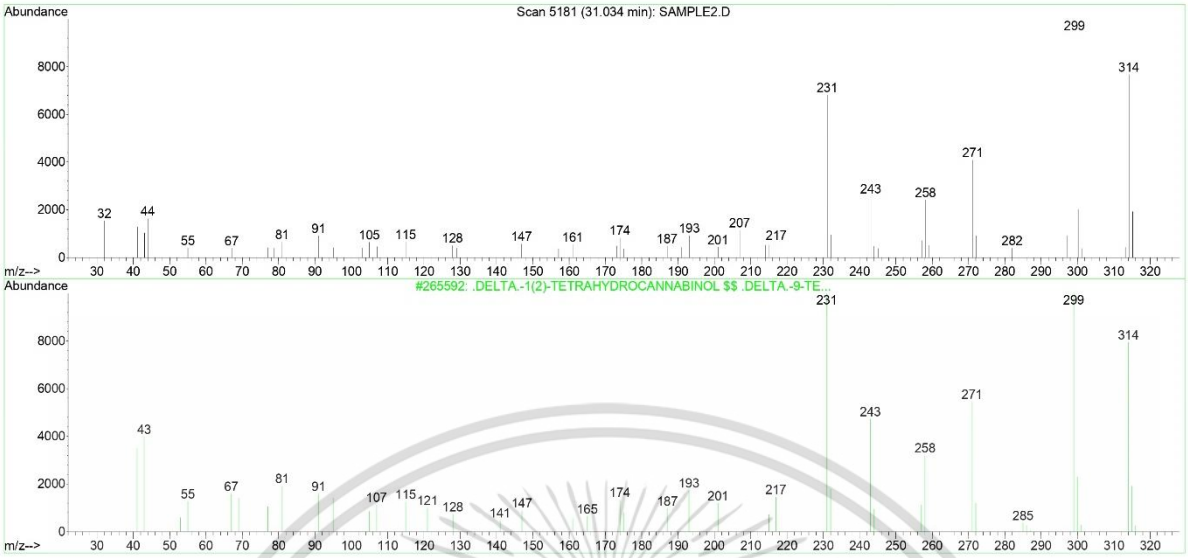


รูปที่ 4.11 โครมาโตแกรมของสารสกัดจากใบกัญชาที่วิเคราะห์ด้วย GC-MS



รูปที่ 4.12 ลักษณะการแตกหักของสาร CBD ในสารสกัดใบกัญชา เทียบกับ Mass spectral library

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 ลักษณะการแตกหักของสาร THC ในสารสกัดใบกัญชา เทียบกับ Mass spectral library

รูปที่ 4.14 โครมาโตแกรมของสารสกัดจากก้านกัญชาที่วิเคราะห์ด้วย GC-MS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.12 การศึกษาสารให้กลิ่นกลุ่มเทอร์ปีน (Terpene) ในสารสกัดจากเปลือกลำต้นกัญชาด้วย GC-MS

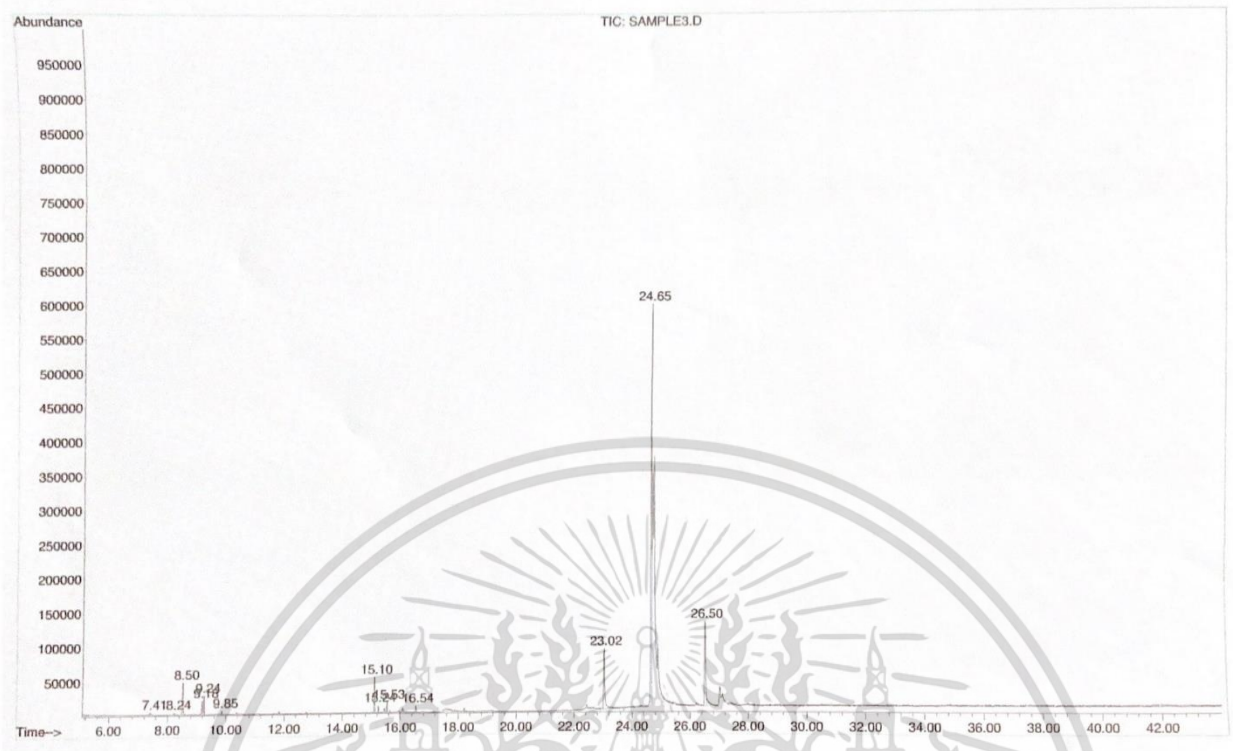
จากการสกัดเปลือกลำต้นกัญชาโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายและนำไปการวิเคราะห์ Gas Chromatography ในการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีควบคู่ไปกับ Mass Spectrometry โดยในสารสกัดจากเปลือกลำต้นพบสารกลุ่มเทอร์ปีน (Terpene) 13 ชนิด ดังนี้ α-Pinene, β-Pinene, β-Myrcene, DL-Limonene, 1,8-Cineole, γ-Terpinene, trans-Caryophyllene, trans-α-Bergamotene, α-Humulene, cis-α-Bisabolene, Hexadecanamide, 9-Octadecenamide และ Dronabinol (ตารางที่ 4.14) จากโครมาโตแกรมของสารสกัดเปลือกลำต้นกัญชา (รูปที่ 4.15) พบว่ามีปริมาณสาร 9-Octadecenamide มากที่สุด ดูได้จากพีกนาทีที่ 24.65 ที่มีขนาดพีกสูงที่สุด ส่วนปริมาณสารที่พบรองลงมาคือ Dronabinol และ Hexadecanamide ในพีกนาทีที่ 26.50 และ 23.02 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ระบุสารกลุ่มเทอร์ปีน (Terpene) ในสารสกัดจากเปลือกลำต้นกัญชาด้วย GC-MS

Peak	Retention time (min)	ชื่อสาร
1	7.41	α-Pinene
2	8.22	β-Pinene
3	8.50	β-Myrcene
4	9.18	DL-Limonene
5	9.24	1,8-Cineole
6	9.85	γ-Terpinene
7	15.10	trans-Caryophyllene
8	15.23	trans-α-Bergamotene
9	15.54	α-Humulene
10	16.54	cis-α-Bisabolene
11	23.02	Hexadecanamide
12	24.65	9-Octadecenamide
13	26.50	Dronabinol

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 โครมาโตแกรมของสารสกัดเปลือกลำต้นกัญชาที่วิเคราะห์ด้วย GC-MS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 การศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของกัญชาในอาหาร B5 (Gamborg B-5 basal) ที่ความเข้มข้น 1/10, 1/20 และ 1/30 ภาชนะโปร่งแสงขนาด 500 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ Kratky Method ระยะเวลา 30 วัน

จากการทดลองพบว่าอาหาร 1/10 B5 ในระยะเวลา 15 วันและ 30 วัน ให้ความสูงเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 14.18 และ 16.93 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีการเจริญเติบโตมากที่สุด เมื่อเทียบกับอาหารความเข้มข้นอื่นๆ

5.1.2 การศึกษาความสูงของต้นกัญชาในอาหาร B5 (Gamborg B-5 basal) ที่ความเข้มข้น 1/10 ภาชนะทึบแสงขนาด 4,000 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ Kratky Method ระยะเวลา 70 วัน

พบว่าการเจริญเติบโตด้านความสูงของต้นกัญชาในช่วงวันที่ 15 ถึง 49 แสดงการเจริญเติบโตแบบเอกโปเนนเชียล โดยในวันที่ 15 พบความสูงเฉลี่ย 13.67 เซนติเมตร และในวันที่ 49 พบความสูงเฉลี่ย 59.50 เซนติเมตร และในช่วงวันที่ 56 การเจริญเติบโตเริ่มเข้าสู่ระยะคงที่ และในวันที่ 70 พบความสูงสูงที่สุดคือ 76.67 เซนติมเตร

5.1.3 การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในอาหาร B5 ความเข้มข้น 1/20 ในภาชนะโปร่งแสงเปรียบเทียบการเจริญเติบโตต้นกัญชาในภาชนะทึบแสงขนาด 500 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ Kratky Method ระยะเวลา 30 วัน

พบว่าต้นกัญชามีการเจริญเติบโตในระยะเวลา 30 วัน ในภาชนะทึบแสงมีความสูงเฉลี่ย 30 เซนติเมตร และภาชนะโปร่งแสงมีความสูงเฉลี่ย 29.67 เซนติเมตร และพบว่าน้ำหนักสดทั้งต้นของต้นกัญชาในภาชนะทึบแสงมีน้ำหนัก 5.23 กรัม และในภาชนะโปร่งแสงมีน้ำหนัก 6.23 กรัม แสดงว่าภาชนะที่ใส่อาหารไม่ว่าจะเป็นแบบโปร่งแสงหรือทึบแสงก็ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกัญชา แต่ในภาชนะโปร่งแสงนั้นมีสาหร่ายเกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.4 การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในอาหาร B5 ที่ความเข้มข้น 1/20 ในภาชนะขนาด 4,000 มิลลิลิตร เปรียบเทียบการเจริญเติบโตในภาชนะขนาด 8,000 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky Method) ระยะเวลา 60 วัน

พบว่าการเจริญเติบโตในระยะเวลา 60 วัน ต้นกัญชาในภาชนะขนาด 8000 มิลลิลิตรมีความสูงเฉลี่ย 63.5 เซนติเมตร มีค่า Growth index เท่ากับ 6.98 และในภาชนะขนาด 4000 มิลลิลิตรพบความสูงเฉลี่ย 55 เซนติเมตร มีค่า Growth index เท่ากับ 4.63 แสดงว่าขนาดภาชนะที่ใช้เลี้ยงผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกัญชา

5.1.5 การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในอาหารสูตร 1/20 B5 (Gamborg B-5 basal medium) เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในอาหารสูตร 1/20 MS (Murasiige and Skoog, 1962) ในภาชนะแบบทึบแสงขนาด 500 มิลลิลิตร และเลี้ยงต่อขนาด 2500 มิลลิลิตร ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The Kratky Method) ระยะเวลา 112 วัน

จากการทดลอง พบว่าภายใน 35 วัน ในอาหารสูตร 1/20 B5 ในภาชนะทึบแสงขนาด 500 มิลลิลิตร ต้นกัญชามีความสูงเฉลี่ย 25 เซนติเมตร และพื้นที่ใบเฉลี่ย 39.93 ตารางเซนติเมตร ในอาหารสูตร 1/20 MS ในภาชนะทึบแสงขนาด 500 มิลลิลิตร ต้นกัญชามีความสูงเฉลี่ย 27.6 เซนติเมตร และพื้นที่ใบเฉลี่ย 39.66 ตารางเซนติเมตร และทำการทดลองเลี้ยงต้นกัญชาต่อในอาหารสูตร 1/20 B5 และอาหารสูตร 1/20 MS ในภาชนะทึบแสงขนาด 2500 มิลลิลิตร เลี้ยงต่อจนต้นกัญชาอายุ 112 วัน จากการทดลองพบว่าหลังเลี้ยงในอาหารสูตร 1/20 B5 ในภาชนะทึบแสงขนาด 2500 มิลลิลิตร ต้นกัญชามีความสูงเฉลี่ย 114.73 เซนติเมตร และพื้นที่ใบเฉลี่ย 60.22 ตารางเซนติเมตร และพบว่าหลังเลี้ยงในอาหารสูตร 1/20 MS ในภาชนะทึบแสงขนาด 2500 มิลลิลิตร ต้นกัญชามีความสูงเฉลี่ย 120 เซนติเมตร และพื้นที่ใบเฉลี่ย 51.44 ตารางเซนติเมตร

จากผลการทดลองแสดงว่าการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในอาหารสูตร 1/20 MS มีการเจริญเติบโตความสูง พื้นที่ใบที่ไม่แตกต่างจากอาหารสูตร 1/20 B5 ดังนั้นอาหารสูตรที่เหมาะสมคืออาหารสูตร MS เนื่องจากมีราคาที่ถูกกว่า และมีการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างจากอาหารสูตร B5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.6 การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT (nutrient film technique) ที่มีระบบให้แสง 3 ชั้น ในอาหารสูตร 1/20 MS (Murasiige and Skoog, 1962) ในระยะเวลา 88 วัน

จากการวิจัยพบว่าต้นกัญชาที่ปลูกในระบบนี้ ในช่วงวันที่ 1 ถึงวันที่ 35 ของการเจริญเติบโตมีการให้แสงชั้นที่ 1 พบว่าต้นกัญชาที่มีอายุ 35 วัน มีความสูงเฉลี่ย 40 เซนติเมตร และมีพื้นที่ใบเฉลี่ย 145.19 ตารางเซนติเมตร ซึ่งกำลังเจริญผ่านชั้นที่ 1 ขึ้นมาชั้นที่ 2 ในช่วงวันที่ 36 ถึงวันที่ 69 มีการให้แสงชั้นที่ 2 ร่วมกับชั้นที่ 1 พบว่าการเจริญเติบโตของต้นกัญชา ในวันที่ 45 ของการปลูกในระบบนี้ มีพื้นที่ใบสูงสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 231.29 ตารางเซนติเมตร และมีจำนวนแฉกของใบกัญชาอยู่ที่ 9-11 แฉก ต้นกัญชาที่มีอายุ 69 วัน มีความสูงเฉลี่ย 53.1 เซนติเมตร และมีพื้นที่ใบเฉลี่ย 161.46 ตารางเซนติเมตร การเจริญเติบโตของต้นกัญชา พบว่าการเจริญเติบโตเข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตคงที่ และเข้าสู่ระยะการสร้างดอก มีการเจริญของต้นกัญชาจากชั้นที่ 2 สู่ชั้นที่ 3 วันที่ 70 มีการให้แสงชั้นที่ 3 ร่วมกับชั้นที่ 2 และชั้นที่ 1 ให้แสง 12 ชั่วโมง/วัน เพื่อกระตุ้นการออกดอก และพบว่าลักษณะใบที่มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นของจำนวนแฉก 1 3 5 7 9 11 และพบจำนวนแฉกสูงสุด 13 แฉก และจากการทดลองพบว่าพบปัญหารากเน่า มีลักษณะสีน้ำตาล และส่งกลิ่นเหม็น เป็นปัญหาทำให้ต้นกัญชานั้นตายก่อนที่จะออกดอก

5.1.7 การศึกษาการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นกัญชาระหว่าง ระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT (nutrient film technique) ที่มีระบบให้แสง 3 ชั้น และระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM (The kratky method) ในอาหารสูตร 1/20 MS (Murasiige and Skoog, 1962) ในระยะเวลา 88 วัน

จากการเปรียบเทียบพบว่าระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT ที่มีระบบให้แสง 3 ชั้น มีความสูงเฉลี่ย 65.36 เซนติเมตร พื้นที่ใบเฉลี่ย 119.86 ตารางเซนติเมตร และพบว่าการเจริญเติบของต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM มีความสูงเฉลี่ย 115 เซนติเมตร พื้นที่ใบเฉลี่ย 71.46 ตารางเซนติเมตร และการทดลองพบว่าระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT จะพบปัญชาเรื่องรากเน่าที่มีลักษณะรากเป็นสีน้ำตาลและส่งกลิ่นเหม็น ในขณะที่ระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM ไม่พบปัญหารากเน่า ซึ่งปัญหารากเน่าจะส่งผลให้ต้นกัญชานั้นติดโรค มีลักษณะใบเหี่ยว และเริ่มตาย ทำให้ต้นกัญชาในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT ตายก่อนที่จะออกดอก และในแง่ของการใช้พลังงาน ระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT มีการใช้พลังงานมากกว่าระบบ KM ดังนั้นระบบไฮโดรโปนิกส์ที่เหมาะสมในการปลูกต้นกัญชาคือระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ KM เนื่องจากกต้นกัญชาสามารถเจริญเติบโตได้ดี และสามารถออกดอกได้ และไม่พบปัญหาเรื่องรากเน่า และประหยัดพลังงานมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.8 การศึกษาการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นกัญชาในระบบไฮโดโปนิกส์แบบ NFT (nutrient film technique) ไฟ LED แสงสีขาว ความเข้มแสง (PPFD) 70 µmol/m^2/s และ ไฟ LED แสงสีน้ำเงิน ความเข้มแสง (PPFD) 60 µmol/m^2/s ในอาหาร 1/20 MS (Murasiige and Skoog, 1962) ระยะเวลา 35 วัน

จากการทดลองพบว่าการเจริญเติบโตความสูงและพื้นที่ใบ ระบบไฮโดโปนิกส์แบบ NFT ไฟ LED แสงสีขาวความเข้มแสง PPFD 70 µmol/m^2/s มีการเจริญเติบโตที่มากกว่า ไฟ LED แสงสีน้ำเงิน ความเข้มแสง (PPFD) 60 µmol/m^2/s โดยไฟ LED แสงสีขาว มีความสูงเฉลี่ย 39.8 เซนติเมตร และมีพื้นที่ใบเฉลี่ย 145.19 ตารางเซนติเมตร และพบว่าการเจริญเติบโตของต้นกัญชาที่เลี้ยงในะบบไฮโดโปนิกส์แบบ NFT ไฟ LED แสงสีน้ำเงิน มีความสูงเฉลี่ย 23.2 เซนติเมตร และพื้นที่ใบ 57.15 ตารางเซนติเมตร และพบว่าลักษณะสีใบของต้นกัญชาที่เลี้ยงใต้แสงสีขาวมีสีเขียวเข้มมากกว่า ต้นกัญชาที่เลี้ยงใต้แสงสีน้ำเงิน และจากการทดลองพบว่าไฟ LED แสงสีขาว ความเข้มแสง (PPFD) 70 µmol/m^2/s มีความเหมาะสมมากกว่า ไฟ LED แสงสีน้ำเงิน ความเข้มแสง (PPFD) 60 µmol/m^2/s

5.1.9 การศึกษาการขยายพันธุ์ต้นกัญชาด้วยวิธีการปักชำ โดยชักนำให้เกิดราก ด้วยฮอร์โมนออกซิน NAA และระยะเวลาการแช่กิ่งปักชำในฮอร์โมนออกซิน NAA

พบว่า ภายใน 14 วัน กิ่งของกัญชาเกิดรากงอกออกมา การทดลองพบว่าการแช่กิ่งของกัญชาเป็นเวลา 72 ชั่วโมง มี % การเกิดรากที่มากกว่า 48 ชั่วโมง โดยอัตราการเกิดรากในการแช่กิ่งกัญชาเป็นเวลา 72 ชั่วโมง มีอัตราการเกิดราก 100% และการแชในฮอร์โมนออกซิน NAA ความเข้มข้น 1 และ 10 มิลลิกรัม/ลิตร มีการเกิดรากประมาณ 20 และ 30 ราก ตามลำดับ และจากการทดลองพบว่าการชักนำให้เกิดรากด้วยฮอร์โมนออกซินที่ 72 ชั่วโมงที่ความเข้มขน 1 มิลลิกรัม/ลิตร มีความเหมาะในการชักนำให้เกิดราก และสามารถนำกิ่งที่เกิดรากนำไปเลี้ยงต่อในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT ได้ต่อโดยมีอัตราการรอด 100%

5.1.10 การศึกษาองค์ประกอบส่วนต่างๆของต้นกัญชาผ่านกล้องจุลทรรศน์

จากการนำส่วนประกอบส่วนหน้าใบ หลังใบ ดอกเพศผู้ อับเรณู ละอองเรณู ช่อดอกเพศเมีย ดอกเพศเมีย รังไข่ และดอกกระเทย ของต้นกัญชาจากการทดลองที่ 4.5 มาส่องผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด พบว่า บริเวณหน้าใบและหลังใบ พบไตรโคมลักษณะกลมและแบบเข็ม ดอกเพศผู้พบกลีบเลี้ยงจำนวน 5 กลีบ มีอับเรณู จำนวน 5 อับ และภายในอับเรณูจะพบละอองเรณูที่มีลักษณะกลมโปร่งแสง มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.1 มิลลิเมตร และพบว่าที่ดอกเพศเมียจะมีเกสรเพศเมียอยู่จำนวน 2 เกสร และมีรังไข่จำนวน 1 รังไข่ และพบว่าดอกกระเทย เป็นลักษณะของต้นกัญชาที่มีพบทั้งดอกเพศผู้และเพศเมียภายในต้นเดียวกัน

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.11 การศึกษาสาร CBD (Cannabinoid) และ THC (Tetrahydrocannabinol) ของกัญชาในส่วนใบ รากและก้าน ด้วย GC-MS

จากการสกัดใบ รากและก้านของกัญชาโดยใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายและนำไปการวิเคราะห์ Gas Chromatography ในการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีควบคู่ไปกับ Mass Spectrometry พบว่าสารสกัดจากใบพบสาร CBD และ THC โดยพบในช่วง Retention time 29.96 และ 31.03 นาที ตามลำดับ และสารสกัดจากก้าน พบสาร THC โดยพบในช่วง Retention time 31.03 นาที ส่วนในสารสกัดจากรากไม่พบสาร CBD และ THC พบว่าต้นกัญชาสายพันธ์หางกระรอกมีปริมาณสาร THC มากกว่าปริมาณสาร CBD

5.1.12 การศึกษาสารให้กลิ่นกลุ่มเทอร์ปีน (Terpene) ในสารสกัดจากเปลือกลำต้นกัญชาด้วย GC-MS

จากการสกัดเปลือกลำต้นของกัญชาโดยใช้สารละลายเอทานอลเป็นตัวทำละลายและนำไปการวิเคราะห์ Gas Chromatography ในการวิเคราะห์เชิงคุณภาพและเชิงปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีควบคู่ไปกับ Mass Spectrometry พบว่าสารกลุ่มเทอร์ปีน (Terpene) ทั้งหมด 13 ชนิด ได้แก่ α-Pinene, β-Pinene, β-Myrcene, DL-Limonene, 1,8-Cineole (Eucalyptol), γ-Terpinene, trans-Caryophyllene, trans-α-Bergamotene, α-Humulene, cis-α-Bisabolene, Hexadecanamide, 9-Octadecenamide และ Dronabinol โดยพบสาร 9-Octadecenamide มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ควรเพิ่ม Air pump เข้าไปในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT (Nutrient film technique)

5.2.2 ควรออกแบบถังใส่อาหารแบบปิดและทึบแสงในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT (Nutrient film technique)

5.2.3 ควรเปลี่ยนอาหารในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT (Nutrient film technique) 2-3 ครั้งต่อสัปดาห์

5.2.4 ควรมีการศึกษาสาร CBD (Cannabinoid) และ THC (Tetrahydrocannabinol) ในส่วนของดอกกัญชา

5.2.5 ควรมีการนำระบบไฮโดรโปนิกส์แบบอื่นมาศึกษาเพิ่มเติม เช่น DFW (Deep flow water) หรือ DWC (Deep water culture)

5.2.6 ควรนำข้อมูลจากการศึกษาสารให้กลิ่นกลุ่มเทอร์ปีน (Terpene) ในสารสกัดจากเปลือกลำต้นกัญชา ไปปรับปรุงและต่อยอดทำเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น น้ำหอมกลิ่นกัญชา เทียนหอมกลิ่นกัญชา เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

เชิดชู อริยศรีวัฒนา. 2562. กัญชาทางการแพทย์. [Online]. เข้าถึงได้จาก https://www.wongkarnpat.com/viewpat.php?id=2972

ณัฐพงศ์ วงศ์ปัญญา. 2566. กัญชาประกอบไปด้วยอะไรบ้าง. [Online]. เข้าถึงได้จาก http://tsen.in.th/%E0%B8%81%E0%B8%B1%E0%B8%8

นพดล หงษ์สุวรรณ, รัตนา อินทเกตุ, อาทิตยา โคตรสมบัติ และบุษราภรณ์ ทับสีแก้ว. 2565. ภูมิปัญญาการวิเคราะห์คุณลักษณะภายนอกเพื่อบ่งชี้เพศของต้นกัญชาในพื้นที่เขตจังหวัดสกลนคร. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธาน 10: 27

มาติน วูดบริดจ์, 2562. ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับกัญชาทางการแพทย์. บริษัท Bedrocan International. 1-60

สมยศ ศุภกิจไพบูลย์. 2562. กัญชายาวิเศษ. สำนักพิมพ์ปัญญาชน. 177: 9-131

อานัฐ ตันโช. 2548. บทที่ 3 ระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบไฮโดรโปนิกส์. [ออนไลน์]. เข้าถึง ได้จาก http://digi.library.tu.ac.th/thesis/ec/1085/10chapter_3.pdf : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Appendino G, Gibbons S, Giana A, Pagani A, Grassi G, Stavri M, Smith E. and Mukhlesur Rahman M. 2008. Antibacterial cannabinoids from Cannabis sativa. A structure-activity study. Journal of Natural Products, 71, 1427–1430.

Deiana S, Watanabe A. and Yamasaki Y. 2012. Plasma and brain pharmacokinetic profile of cannabidiol (CBD), cannabidivarine (CBDV), Delta(9)-tetrahydrocannabivarin (THCV) and cannabigerol (CBG) in rats and mice following oral and intraperitoneal administration and CBD action on obsessive-compulsive behaviour. Psychopharmacology (Berl). 219:859–873.

Gamborg, O.L., Miller R.A. and Ojimar. K. 1968. Nutrient requirements of suspension cultures of soybean root cell. Exp. Cell Res. 50: 151–158

Gillani S.A., Abbasi R., Martinez P. and Ahmad R. 2023. “Comparison of Energy-use Efficiency for Lettuce Plantation under Nutrient Film Technique and Deep Water Culture Hydroponic Systems” Procedia Computer Science. 217: 11–19

เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kratky B.A., 2009. Three non-circulating hydroponic methods for growing lettuce. Proceedings of the International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics. 843: 65-72

Murashige, T. and Skoog, F. 1962. A Revised Medium for Rapid Growth and Bio Assays with Tobacco Tissue Cultures. Plant Physiology, 15, 473-497.

Saloner A. and Bernstein N. 2021. Nitrogen supply affects cannabinoid and terpenoid profile in medical cannabis (*Cannabis sativa L.*). Industrial Crops & Products 167: 113516

Sledzinski P, Zeyland J, Słomski R. and Nowak A. 2018. The current state and future perspectives of cannabinoids in cancer biology. Cancer Med. 7(3):765-775.

Typek R., Holowinski P., Dawidowicz A.L., Dybowski M.P. and Rombel M. 2023. Chromatographic analysis of CBD and THC after their acylation with blockade of compound transformation. Talanta 251: 123777.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ตารางที่ 1 องค์ประกอบอาหารสังเคราะห์ Gamborg B-5 (Gamborg et al., 1968)

สารเคมี	ปริมาณ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
$CaCl_2.2H_2O$	113.24
KNO_3	2500
$(NH_4)_2SO_4$	134
$MgSO_4.7H_2O$	122.09
$CoCl_2.6H_2O$	0.025
$CuSO_4.5H_2O$	0.025
$FeSO_4.7H_2O$	27.8
KI	0.75
$MnSO_4.7H_2O$	10
$Na_2.EDTA.2H_2O$	37.26
$NaH_2PO_4.H_2O$	150
$Na_2MoO_4.2H_2O$	0.25
$ZnSO_4.7H_2O$	2
Myo-inositol	100
Nicotinic acid	1
Pyridoxine-HCL	1
Thiamine-HCL	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตารางที่ 2 องค์ประกอบอาหารสังเคราะห์ MS (Murashige and Skoog, 1962)

สารเคมี	ปริมาณสารที่ใช้ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
NH_4NO_3	1,650
KNO_3	1,900
$CaCl_2.2H_2O$	440
$MgSO_4.7H_2O$	370
KH_2PO_4	170
$MnSO_4.4H_2O$	22.3
$ZnSO_4.7H_2O$	8.6
H_3BO_3	6.2
Kl	0.83
$Na_2MoO_4.7H_2O$	0.25
$CuSO_4.5H_2O$	0.025
$CoCl_2.6H_2O$	0.025
$FeSO_4.7H_2O$	27.85
Na2-EDTA	37.25
Nicotinic acid	0.5
Thiamine-HCl	0.1
Pyridoxine-HCl	0.5
Glycine	2
Myo-inositol	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

การเตรียมอาหาร 1/10, 1/20 และ 1/30 B5 ในภาชนะขนาด 500 มิลลิลิตร

1. ขั้นตอนและวิธีการ

1.1 ทำการเตรียมอาหาร 1/10 B5 1500 มิลลิลิตร โดยคำนวณสารดังนี้

$$1/10\ B5 = \frac{1}{10} \times 3.21\ g/L \times 1.5\ L$$

$$= 0.49\ g$$

นำ 1/10 B5 0.49 กรัม มาละลายในน้ำกลั่น 1500 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปปรับค่า pH ให้อยู่ระหว่าง 5.5-5.8 และทำการแบ่งออกใส่ภาชนะละ 500 มิลลิลิตร

1.2 ทำการเตรียมอาหาร 1/20 B5 1.5 ลิตร โดยคำนวณสารดังนี้

$$1/20\ B5 = \frac{1}{20} \times 3.21\ g/L \times 1.5\ L$$

$$= 0.24\ g$$

นำ 1/20 B5 0.24 กรัม มาละลายในน้ำกลั่น 1500 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปปรับค่า pH ให้อยู่ระหว่าง 5.5-5.8 และทำการแบ่งออกใส่ภาชนะละ 500 มิลลิลิตร

1.3 ทำการเตรียมอาหาร 1/30 B5 1.5 ลิตร โดยคำนวณสารดังนี้

$$1/30\ B5 = \frac{1}{30} \times 3.21\ g/L \times 1.5\ L$$

$$= 0.16\ g$$

นำ 1/30 B5 0.16 กรัม มาละลายในน้ำกลั่น 1500 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปปรับค่า pH ให้อยู่ระหว่าง 5.5-5.8 และทำการแบ่งออกใส่ภาชนะละ 500 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การเตรียมอาหาร 1/10 B5 ในภาชนะขนาด 4000 และ 8000 มิลลิลิตร

1. ขั้นตอนและวิธีการ

1.1 ทำการเตรียมอาหาร 1/10 B5 4000 มิลลิลิตร โดยคำนวณสารดังนี้

$$\text{1/10 B5} = \frac{1}{10} \times 3.21 \text{ g/L} \times 4 \text{ L}$$

$$= 1.28 \text{ g}$$

นำ 1/10 B5 1.28 กรัม มาละลายในน้ำกลั่น 4000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปปรับค่า pH ให้อยู่ระหว่าง 5.5-5.8

1.2 ทำการเตรียมอาหาร 1/10 B5 8000 มิลลิลิตร โดยคำนวณสารดังนี้

$$\text{1/10 B5} = \frac{1}{10} \times 3.21 \text{ g/L} \times 8 \text{ L}$$

$$= 2.57 \text{ g}$$

นำ 1/10 B5 2.57 กรัม มาละลายในน้ำกลั่น 8000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปปรับค่า pH ให้อยู่ระหว่าง 5.5-5.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

การเตรียมอาหาร 1/20 MS ในภาชนะขนาด 500 และ 2500 มิลลิลิตร

1. ขั้นตอนและวิธีการ

1.1 ทำการเตรียมอาหาร 1/20 MS 1500 มิลลิลิตร โดยคำนวณสารดังนี้

$$\text{1/20 MS} = \frac{1}{20} \times 4.43 \text{ g/L} \times 1.5 \text{ L}$$

$$= 0.33 \text{ g}$$

นำ 1/20 MS 0.33 กรัม มาละลายในน้ำกลั่น 1500 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปปรับค่า pH ให้อยู่ระหว่าง 5.5-5.8 และทำการแบ่งออกใส่ภาชนะละ 500 มิลลิลิตร

1.2 ทำการเตรียมอาหาร 1/20 MS 2500 มิลลิลิตร โดยคำนวณสารดังนี้

$$\text{1/20 MS} = \frac{1}{20} \times 4.43 \text{ g/L} \times 2.5 \text{ L}$$

$$= 0.55 \text{ g}$$

นำ 1/20 MS 0.55 กรัม มาละลายในน้ำกลั่น 2500 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปปรับค่า pH ให้อยู่ระหว่าง 5.5-5.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

การเตรียมอาหาร 1/20 MS ในระบบไฮโดรโปนิกส์แบบ NFT (Nutrient film technique)

1. ขั้นตอนและวิธีการ

1.1 ทำการเตรียมอาหาร 1/20 MS 40 ลิตร โดยคำนวณสารดังนี้

$$1/20\ \text{MS} = \frac{1}{20} \times 4.43\ \text{g/L} \times 40\ \text{L}$$

$$= 8.86\ \text{g}$$

นำน้ำใส่ในถังสำหรับการเพาะเลี้ยงแบบไฮโดรโปนิกส์ 40 ลิตร จากนั้นนำ 1/20 MS 8.86 กรัม มาละลายในน้ำ 40 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

การเตรียมสารเร่งราก NAA (Napthalene acetic acid)

1. ขั้นตอนและวิธีการ

1.1 เตรียมสารเร่งราก NAA ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

(1000 mg/L)(V) = (0.1mg/L)(100 ml)

$$= \frac{(0.1\ \text{mg/L})(100\ \text{mL})}{1000\ \text{mg/L}}$$

= 0.01 mL

ทำการเปลี่ยนเป็น µL $= 0.01\ \text{mL} \times \frac{1000\ \mu\text{L}}{1\ \text{mL}}$

= 10 µL

1.2 เตรียมสารเร่งราก NAA ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

(1000 mg/L)(V) = (1mg/L)(100 ml)

$$= \frac{(1\ \text{mg/L})(100\ \text{mL})}{1000\ \text{mg/L}}$$

= 0.1 mL

ทำการเปลี่ยนเป็น µL $= 0.1\ \text{mL} \times \frac{1000\ \mu\text{L}}{1\ \text{mL}}$

= 100 µL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 เตรียมสารเร่งราก NAA ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

(1000 mg/L)(V) = (10 mg/L)(100 ml)

$$= \frac{\mathbf{(10\ mg/L)(100\ mL)}}{\mathbf{1000\ mg/L}}$$

= 1 mL

ทำการเปลี่ยนเป็น µL $= 1\ mL \times \frac{\mathbf{1000\ \mu L}}{\mathbf{1\ mL}}$

= 1000 µL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ซ

รูปที่ 1 ใบอนุญาตขายเมล็ดพันธุ์กัญชา

พ.พ.4

ใบอนุญาตขายเมล็ดพันธุ์ควบคุม

ใบอนุญาตเลขที่ 10131635002625655 กรมวิชาการเกษตร

ใบอนุญาตฉบับนี้ออกให้แก่

เทศวิสหกรณ์

สถานที่ทำการเลขที่ 78

หมู่ที่ - ตรอก/ซอย ถนน เทศบาล23

ตำบล/แขวง กาฬสินธุ์ อำเภอ/เขต เมืองกาฬสินธุ์ จังหวัด กาฬสินธุ์

โดยมี นางสาวปรารถนา โชติวิชยกาญจน์ เป็นผู้ดำเนินกิจการ

เพื่อแสดงว่าเป็นผู้ได้รับอนุญาตให้ขายเมล็ดพันธุ์ควบคุม ตามมาตรา 14 แห่งพระราชบัญญัติพันธุ์พืช พ.ศ. 2518

แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติพันธุ์พืช (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2535

สถานที่เก็บเลขที่ 78

หมู่ที่ - ตรอก/ซอย ถนน เทศบาล23

ตำบล/แขวง กาฬสินธุ์ อำเภอ/เขต เมืองกาฬสินธุ์ จังหวัด กาฬสินธุ์

ใบอนุญาตฉบับนี้ออกให้เมื่อวันที่ 1 เดือน มกราคม พ.ศ. 2566 ให้ใช้ได้

จนถึงวันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2566 และให้ใช้ได้เฉพาะสถานที่ซึ่งระบุไว้ในใบอนุญาตเท่านั้น

(ลายมือชื่อ) พนักงานเจ้าหน้าที่ผู้อนุญาต

(นายณัฐวัฒน์ สงพนา)

ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรกาฬสินธุ์

ปฏิบัติราชการแทนอธิบดีกรมวิชาการเกษตร

แสดงในที่เปิดเผย

ยื่นคำขอต่ออายุใบอนุญาต ภายหลังใบอนุญาตสิ้นอายุ ต้องระวางโทษปรับวันละไม่เกิน 100 บาท

KAL-5-1087

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานทะเบียนคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คำรับรองเล่มโครงงานพิเศษ/ปัญหาพิเศษ/สหกิจศึกษา

วันที่ 23 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2566

ข้าพเจ้า นางสาวดุสิตา แก้วแสน รหัสประจำตัว 62050489

นายยศธร ฉายแก้ว รหัสประจำตัว 62050529

นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ ขอรับรองว่าโครงงานพิเศษ เรื่อง

ชื่อภาษาไทย การเจริญเติบโตของต้นกัญชาสายพันธุ์หางกระรอกในระบบไฮโดรโปนิกส์

ชื่อภาษาอังกฤษ The growth *Cannabis sativa* L. (Hangkrarog) in hydroponic system

ปีการศึกษา 2565

เป็นผลงานวิจัยที่มิได้คัดลอกหรือละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้อื่นและได้ผ่านการตรวจสอบความซ้ำซ้อนเรียบร้อยแล้ว และได้แนบเอกสารการตรวจสอบการลอกเลียนงานวรรณกรรมที่ตรวจสอบจากเล่มโครงงานพิเศษ/ปัญหาพิเศษ/สหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์แล้ว

โปรแกรมอักขราวิสุทธิ์ 2.81 %

ลงชื่อ ดุสิตา แก้วแสน ลงชื่อ ยศธร ฉายแก้ว

(นางสาวดุสิตา แก้วแสน) (นายยศธร ฉายแก้ว)

นักศึกษา นักศึกษา

ข้าพเจ้า ผศ.ดร.พนา โลหะทรัพย์ทวี อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ได้ตรวจสอบโครงงานพิเศษของนักศึกษาข้างต้น แล้ว ขอรับรองว่าเป็นผลงานวิจัยของนักศึกษาจริงและมีเนื้อหาสมบูรณ์ จึงลงชื่อไว้เป็นหลักฐาน

ลงชื่อ พนา โลหะทรัพย์ทวี

(ผศ.ดร.พนา โลหะทรัพย์ทวี)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้